

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA
CURAH CAIR KAPASITAS 10.000 DWT DI
KECAMATAN SANGATTA, KABUPATEN KUTAI
TIMUR, KALIMANTAN TIMUR**

**ADILAT AHMAD FIRDAUSYI
NRP 3114 030 020**

**ALI HAIDIR
NRP 3114 030 044**

Dosen Pembimbing :

**Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP 19600105 198603 1 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA
CURAH CAIR KAPASITAS 10.000 DWT DI
KECAMATAN SANGATTA, KABUPATEN KUTAI
TIMUR, KALIMANTAN TIMUR**

**ADILAT AHMAD FIRDAUSYI
NRP 3114 030 020**

**ALI HAIDIR
NRP 3114 030 044**

Dosen Pembimbing :

**Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP 19600105 198603 1 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT - RC 145501

**DESIGN MODIFICATION OF LIQUID BULK
PORT STRUCTURE FOR 10.000 DWT
CAPACITY AT SANGATTA, KUTAI TIMUR
DISTRICTS, EAST BORNEO**

**ADILAT AHMAD FIRDAUSYI
NRP 3114 030 020**

**ALI HAIDIR
NRP 3114 030 044**

Counselor lecturer :

**Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP 19600105 198603 1 003**

**DIPLOMA III OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTEMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
VOCATIONAL FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

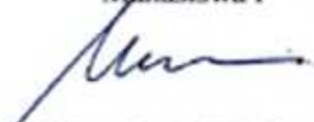
**LEMBAR PENGESAHAN
MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA CURAH
CAIR KAPASITAS 10.000 DWT DI KECAMATAN
SANGATTA, KABUPATEN KUTAI TIMUR,
KALIMANTAN TIMUR**

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
ahli madya pada Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas
Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Mahasiswa I


Adilat Ahmad Firdausvi
3114030020

Mahasiswa II


Ali Haidir
3114030044



Disetujui oleh,
Dosen pembimbing tugas akhir terapan

25 JUL 2017

Ir. JENU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP 19600105 198603 1 003



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 10 Juli 2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Modifikasi Struktur Dermaga Curah Cair Kapasitas 30.000 DWT di Sangatta Kab. Kutai Timur Prov. Kaltim		
Nama Mahasiswa 1	Adilat Ahmad F.	NRP	3114030020
Nama Mahasiswa 2	Ali Haidir	NRP	3114030044
Dosen Pembimbing 1	Ir. Ibnu Pudji R, MS NIP 19600105 198603 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	- NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none">- Batasan masalah \rightarrow kapal 30000 dwt \rightarrow 10000.- gambar penulangan	 R. Buyung Anugraha A, ST.MT Ir. Ibnu Pudji R, MS NIP 19600105 198603 1 003
<ul style="list-style-type: none">- ^{memerang di} Pemasangan dolphin peren di hitung dua di model kan.	 Ir. Chomaedhi, CES. Geo NIP 19550319 198403 1 001
<ul style="list-style-type: none">- Elevasi ujung tiang peren ditulis. ✓- Elevasi bathimetri didasarkan LWS apa MSL? ✓- Gambar pelindung tiang. ✓- Semua gambar hrs diacukan ke LWS. ✓	 Ir. Agung Bp, M.Eng. PhD NIP 19620328 198803 1 001
<ul style="list-style-type: none">- Gambar² dikoreksi	 M. Khoiri, ST. MT. PhD NIP 19740626 200312 1 001

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Ibnu Pudji R, MS NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Chomaedhi, CES. Geo NIP 19550319 198403 1 001	Ir. Agung Bp, M.Eng. PhD NIP 19620328 198803 1 001	M. Khoiri, ST. MT. PhD NIP 19740626 200312 1 001

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
		-
	Ir. Ibnu Pudji R, MS NIP 19600105 198603 1 003	NIP -



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Aditah Ahmad Firdausy 2 Ali + Andir
 NRP : 1 3114030020 2 3114030099
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Ir. Ibnu Rulji Rahardjo, MS

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.		- Pengurangan panjang trestle		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Perbaikan layout dari platform		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Ada ulang bentuk di bagian		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Ada kemiringan yang mungkin		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1:6 keatas.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- (di untuk menggunakan jembatan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		kebi kecil		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cek panjang bentuk yang		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		tidak		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.		- Penentuan bentuk penempatan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Bentuk garis		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.		- Diga di titik di trestle		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- gambar untuk menunjukkan bentuk		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Perbaikan trestle di ujung garis		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Penentuan titik penempatan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Tambahan beban panjang		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Modifikasi dalam bentuk kecil		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket:

- B = ab = hasil dan present
 C = hasil dengan present
 K = tambahan dan present



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. Adhikar Alhanna Firdausy : 2. Ali Haider
 NRP : 1. 319030020 : 2. 319030094
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Ir. Ibnu Puji Raharjo, MS

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4.	5 Mei 2017	- Penetapan penggunaan peraturan LRFD	Chae	B	C	K
		- Penentuan tali bollard		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Perbaikan dimensi yang kurang mencukupi				
5.	19 Mei 2017	- Dimensi ditetapkan	Chae	B	C	K
		- tebal pancing masing-masing = 19		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Kiri Nipis harus lebih 3				
		- Bagian dalam pancing ganti dengan jenis lain dari 1/2	Chae	B	C	K
		- Seban pipa dibuat per 1/2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- fungsi pipa				
6.	02 Juni 2017	- Scale factor grup platform = 3,8/1	Chae	B	C	K
		- Stress rakon 0,8 / 0,9		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Keseluruhan balok anak				
		- Periksa semua elemen	Chae	B	C	K
		- Maks Stress untuk elemen		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- tahanan				

1/2

- 1/2 = lebih besar dari aktual
 0 = sesuai dengan aktual
 K = kurang dari aktual

Kata Pengantar

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah S.W.T atas rahmat, hidayah serta inayah yang telah diberikan sehingga kami dapat menyelesaikan proyek tugas akhir kami yang berjudul “Modifikasi Desain Struktur Dermaga Curah Cair Kapasitas 10.000 DWT di Kecamatan Sangatta, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur”. Ucapan terima kasih kami ucapkan pula kepada :

1. Kedua orang tua kami yang telah memberikan kami banyak dukungan dan bantuan baik doa, moral maupun material,
2. Bapak Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS. selaku dosen pembimbing kami yang telah banyak memberikan masukan, dorongan serta pengarahan atas proses pengerjaan tugas akhir kami,
3. Teman – teman kami dari kelas X, BT 14’, dan juga angkatan 2014 yang telah banyak memberi support dalam proses penyuksesan tugas akhir kami, serta
4. Berbagai pihak yang juga turut membantu kelancaran proses dan kesuksesan pelaksanaan tugas akhir kami

Penyusun menyadari jika dalam laporan akhir ini masih memiliki banyak kekurangan sehingga kami memohon kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan laporan akhir ini.

Kami berharap jika penyusunan proposal kami ini dapat berguna dalam rangka menambah wawasan serta pengetahuan pembaca, khususnya mahasiswa Diploma Sipil FV ITS mengenai perencanaan struktur dermaga.

Surabaya, 11 Juli 2017

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA CURAH
CAIR KAPASITAS 10.000 DWT DI KECAMATAN
SANGATTA, KABUPATEN KUTAI TIMUR,
KALIMANTAN TIMUR**

Nama Mahasiswa 1 : Adilat Ahmad Firdausyi
NRP : 3114 030 020

Nama Mahasiswa 2 : Ali Haidir
NRP : 3114 030 044

Dosen Pembimbing : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP : 19600105 198603 1 003

Abstrak

Dermaga Sangatta merupakan dermaga yang melayani bongkar muat minyak di pelabuhan Sangatta, kabupaten Kutai Timur, provinsi Kalimantan Timur. Dalam operasionalnya, dermaga Sangatta melayani kapal sebesar 30.000 DWT. Konstruksi eksisting dari dermaga Sangatta adalah konstruksi yang menonjolkan tentang keekonomisan struktur dengan pembangunan prasarana utama. Dalam perencanaan ini, kami melakukan suatu modifikasi desain dengan meningkatkan tingkat kenyamanan dan keamanan dalam operasional dermaga, yaitu dengan penambahan platform bongkar muat serta trestle penghubung ke daratan. Rancangan desain yang dibuat diperuntukkan bagi kapal dengan kapasitas 10.000 DWT.

Dalam perencanaan yang dilakukan, terdapat total lima struktur yang dihitung yaitu platform yang berfungsi sebagai tempat bongkar muat kapal, trestle yang menjadi jembatan penghubung antara dermaga dan daratan, mooring dolphin sebagai tempat bertambat kapal, berthing dolphin sebagai tempat bersandar kapal serta catwalk yang berfungsi sebagai jembatan penghubung antar struktur. Pada struktur bawah direncanakan penggunaan steel

pile dengan diameter 800 mm untuk struktur platform, berthing dolphin dan mooring dolphin. Serta steel pile diameter 600 mm untuk trestle dan catwalk.

Berdasarkan perencanaan modifikasi desain yang dilakukan, di dapatkan dimensi platform dermaga adalah 30 meter x 19,5 meter dengan elevasi +4,64 LWS. Dimensi mooring dolphin sebesar 5 x 6 meter dan dimensi berthing dolphin sebesar 6 x 8 meter. Untuk panjang trestle disesuaikan dengan jarak antara dermaga dan daratan, yaitu 990 meter. Dermaga yang rencanakan akan dilengkapi dengan beberapa prasarana utama dermaga yang terdiri dari fender SUC1150H, bollard MT50, serta marine loading arm B0030.

Kata kunci : *dermaga, Sanggata, curah cair, kapal 10.000 DWT, berthing, mooring, platform, trestle.*

**DESIGN MODIFICATION OF LIQUID BULK PORT
STRUCTURE FOR 10.000 DWT CAPACITY AT
SANGATTA, KUTAI TIMUR DISTRICTS, EAST BORNEO**

Student 1 : Adilat Ahmad Firdausyi
3114 030 020

Student 2 : Ali Haidir
3114 030 044

Counselor lecturer : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
19600105 198603 1 003

Abstract

Sangatta Port is a port which has an important role to distribute the oil resources in Sangatta, Kutai Timur Districts, East Borneo. To perform its role, Sangatta Port was designed to be able to serve 30.000 DWT dan 55.000 DWT ship. The existed structure of this port was a design which focused on the economic side where the construction was only built in the major structure like berthing, mooring and pump facilities. In this planning project, we provide a design which increase the safety and mobility in the port operational process where we added a platform for unloading activity and a trestle to connect the port and the beach. This design a made for 10.000 DWT ship capacity.

This final project is to make a planning structure for five part of the port. These are platform which is used for the unloading activity, trestle which is used as a bridge between port and beach, mooring dolphin to tie the ship rope, berthing dolphin for bumping spot of the ship, and catwalks to connect the other four structure. The bottom structure was using the steel pile with 800 cm in diameters for platform, berthing dolphin, mooring dolphin. For the trestle and catwalk, there was used the 600 mm diameters steel pile.

The port which has planned have 30 x 19,5 metres of platform and +4,64 metres elevation based on the LWS. The dimension of the mooring dolphin is 5 x 6 metre squares and the berthing dolphin was 6 x 8 metre squares. The trestle length are adjusted as the distance between the port and the beach, that is 990 metres. This port was also got some primary facility. This is SUC1150H fender, MT50 bollard, and B0030 marine loading arm.

Keyword : *port, Sanggata, liquid bulk, 10.000 DWT ship, berthing, mooring, platform, trestle.*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Kata Pengantar	
Abstrak	i
Abstract	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Tujuan.....	2
1.4	Batasan Masalah.....	2
1.5	Manfaat.....	3
1.6	Lokasi Proyek.....	3
1.7	Layout Dermaga	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Gambaran Umum	7
2.2	Perencanaan Layout Dermaga.....	8
2.2.1	Trestle.....	8

2.2.2	Platform	8
2.2.3	Berthing Dolphin	8
2.2.4	Mooring Dolphin	9
2.3	Penetapan Elevasi Dermaga dan Dimensi Elemen Struktur 10	
2.3.1	Elevasi Dermaga.....	10
2.3.2	Dimensi Gelagar Rencana	10
2.3.3	Dimensi Tiang Pancang Rencana	11
2.4	Perencanaan Fender	13
2.4.1	Menghitung Energi Tumbukan Kapal	13
2.4.2	Pemilihan Tipe Fender.....	15
2.5	Perencanaan Bollard	16
2.5.1	Pemilihan Bollard	16
2.5.1.1	Gaya Tambat Kapal	16
2.5.1.2	Gaya Akibat Angin	17
2.5.1.3	Gaya Akibat Arus	17
2.5.2	Sambungan Bollard	18
2.6	Pembebanan.....	20
2.6.1	Pembebanan pada Catwalk.....	20
2.6.2	Pembebanan pada Platform	20
2.6.2.1	Beban Vertikal	20
2.6.2.2	Beban Horizontal	22
2.6.3	Pembebanan pada Mooring Dolphin	27
2.6.3.1	Beban Vertikal	27

2.6.3.2	Beban Horizontal.....	27
2.6.4	Pembebanan pada Berthing Dolphin	28
2.6.4.1	Beban Vertikal.....	28
2.6.4.2	Beban Horizontal.....	28
2.6.5	Pembebanan pada Trestle	28
2.6.5.1	Beban Vertikal.....	28
2.6.5.2	Beban Horizontal.....	30
2.6.6	Kombiasi Pembebanan	30
2.7	Perencanaan Struktur Catwalk	31
2.7.1	Kontrol Penampang	31
2.7.2	Kontrol Tekuk Lateral	31
2.7.3	Kontrol Lendutan Terjadi	31
2.7.4	Sambungan Balok Girder Catwalk.....	31
2.8	Analisa Struktur dan Penulangan	33
2.8.1	Penulangan pada Plat.....	33
2.8.2	Kontrol Stabilitas Lendutan Plat	35
2.8.3	Penulangan pada Balok	35
2.8.3.1	Penulangan Lentur.....	36
2.8.3.2	Penulangan Torsi.....	36
2.8.3.3	Penulangan Geser	38
2.8.4	Kontrol Stabilitas Balok	39
2.8.4.1	Kontrol Retakan Lentur.....	39
2.8.4.2	Kontrol Lendutan Balok.....	40
2.9	Perhitungan Struktur Bawah	40

2.9.1	Perhitungan Gaya Spring Vertikal.....	40
2.9.2	Perhitungan Gaya Spring Horizontal.....	41

BAB III METODOLOGI PENULISAN

3.1	Gambaran Umum	43
3.2	Pengumpulan Data.....	43
3.3	Penentuan Spesifikasi Dermaga	43
3.4	Analisa dan Perencanaan Struktur	44
3.5	Penggambaran Struktur	46
3.6	Penulisan Laporan	46
3.7	<i>Flowchart</i> Kegiatan	47

BAB IV KRITERIA DESAIN

4.1	Peraturan yang Digunakan.....	49
4.2	Kriteria Kapal	49
4.3	Mutu Material Rencana	50
4.3.1	Mutu Beton.....	50
4.3.2	Mutu Baja Tulangan	50
4.3.3	Tiang Pancang Pondasi.....	50
4.4	Penetapan Tata Letak.....	51
4.4.1	Elevasi Dermaga.....	51
4.4.2	Kebutuhan Ukuran Platform.....	51
4.4.3	Jarak Bentang Berthing Dolphin	51

4.4.4	Jarak Bentang Mooring Dolphin	52
4.4.5	Kebutuhan Ukuran Trestle	52
4.4.6	Panjang Bentang Catwalk.....	53
4.5	Perhitungan Kebutuhan Fender	54
4.5.1	Menghitung Energi Fender.....	54
4.5.2	Perencanaan Tipe Fender	55
4.5.3	Pemasangan Fender	57
4.5.3.1	Pemasangan Fender Arah Vertikal	57
4.5.3.2	Pemasangan Fender Arah Horizontal	58
4.6	Perhitungan Kebutuhan Bollard	59
4.6.1	Pembebanan Bollard.....	59
4.6.1.1	Beban Tarikan Kapal.....	59
4.6.1.2	Gaya Tarik Akibat Arus	61
4.6.1.3	Gaya Tarik Akibat Angin	63
4.6.2	Penentuan Tipe Bollard	65
4.6.3	Pemasangan Bollard	66
4.7	Pembebanan.....	68
4.7.1	Pembebanan pada Catwalk.....	68
4.7.2	Pembebanan pada Platform	69
4.7.2.1	Beban Vertikal.....	69
4.7.2.2	Beban Horizontal.....	71
4.7.3	Pembebanan pada Mooring Dolphin	77
4.7.3.1	Beban Vertikal.....	77
4.7.3.2	Beban Horizontal.....	77

4.7.4	Pembebanan pada Berthing Dolphin	78
4.7.4.1	Beban Vertikal	78
4.7.4.2	Beban Horizontal	78
4.7.5	Pembebanan pada Trestle	78
4.7.5.1	Beban Vertikal	78
4.7.5.2	Beban Horizontal	79

BAB V ANALISA STRUKTUR

5.1	Gambaran Umum	81
5.2	Perencanaan Struktur Catwalk	81
5.2.1	Permodelan Catwalk	81
5.2.2	Permodelan Catwalk	83
5.2.2.1	Kontrol Penampang	84
5.2.2.2	Kontrol Tekuk Lateral	85
5.2.2.3	Kontrol Lendutan Terjadi	85
5.2.3	Sambungan antar Balok Girder Catwalk	85
5.2.3.1	Plat Sambung Sayap	86
5.2.3.2	Plat Sambung Badan	88
5.2.4	Sambungan Girder – Diafragma Catwalk	91
5.2.4.1	Sambungan pada Gelagar Memanjang (1 bidang geser	91
5.2.4.2	Sambungan pada Diafragma (2 bidang geser)	92
5.2.4.3	Kontrol Plat Siku	93
5.2.5	Penulangan Cap Beam Catwalk	94

5.2.5.1	Perhitungan Tulangan Lentur Tumpuan.....	95
5.2.5.2	Perhitungan Tulangan Lentur Lapangan	96
5.2.5.3	Perhitungan Tulangan Geser	98
5.2.6	Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas..	99
5.2.6.1	Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang	99
5.2.6.2	Kontrol Retak Pile Cap.....	99
5.2.6.3	Kontrol Kekuatan Las	100
5.2.6.4	Perhitungan Shear Ring.....	100
5.2.6.5	Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas 100	
5.2.6.6	Perhitungan Base Plate	102
5.3	Perencanaan Struktur Platform.....	103
5.3.1	Permodelan Platform.....	103
5.3.2	Perencanaan Penulangan Plat Lantai	113
5.3.2.1	Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah X.....	113
5.3.2.2	Perhitungan Tulangan Lapangan Arah X	115
5.3.2.3	Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah Y.....	116
5.3.2.4	Perhitungan Tulangan Lapangan Arah Y	118
5.3.3	Kontrol Lendutan Platform.....	120
5.3.4	Perencanaan Balok Platform	122
5.3.4.1	Perhitungan Tulangan Lentur Tumpuan.....	124
5.3.4.2	Perhitungan Tulangan Lentur Tumpuan.....	125
5.3.4.3	Perhitungan Tulangan Torsi	127
5.3.4.4	Perhitungan Tulangan Geser	130

5.3.5	Perencanaan Pile Cap Platform	132
5.3.5.1	Pile Cap Tiang Miring	132
5.3.5.2	Pile Cap Tiang Tegak	138
5.3.6	Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas untuk Tiang Pancang Miring	143
5.3.6.1	Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang	143
5.3.6.2	Kontrol Retak Pile Cap	143
5.3.6.3	Kontrol Kekuatan Las	144
5.3.6.4	Perhitungan Shear Ring	144
5.3.6.5	Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas 144	
5.3.6.6	Perhitungan Base Plate	146
5.3.7	Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas untuk Tiang Pancang Tegak	146
5.3.7.1	Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang	147
5.3.7.2	Kontrol Retak Pile Cap	147
5.3.7.3	Kontrol Kekuatan Las	148
5.3.7.4	Perhitungan Shear Ring	148
5.3.7.5	Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas 148	
5.3.7.6	Perhitungan Base Plate	150
5.4	Perencanaan Mooring Dolphin	150
5.4.1	Analisa Pembebanan pada Mooring Dolphin	151
5.4.2	Perencanaan Penulangan Mooring Dolphin	153
5.4.2.1	Perhitungan Tulangan Arah Y	153

5.4.2.2	Perhitungan Tulangan Arah X.....	155
5.4.3	Kontrol Geser Pons	156
5.4.4	Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas pada Mooring Dolphin	159
5.4.4.1	Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang	159
5.4.4.2	Kontrol Retak Pile Cap.....	160
5.4.4.3	Kontrol Kekuatan Las	160
5.4.4.4	Perhitungan Shear Ring.....	160
5.4.4.5	Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas 161	
5.4.4.6	Perhitungan Base Plate	162
5.5	Perencanaan Berthing Dolphin.....	163
5.5.1	Analisa Pembebanan pada Berthing Dolphin	164
5.5.2	Perencanaan Penulangan Berthing Dolphin	165
5.5.2.1	Perhitungan Tulangan Arah Y	165
5.5.2.2	Perhitungan Tulangan Arah X.....	166
5.5.3	Kontrol Geser Pons	168
5.5.4	Penulangan Balok Fender.....	169
5.5.5	Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas pada Berthing Dolphin	172
5.5.5.1	Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang	173
5.5.5.2	Kontrol Retak Pile Cap.....	173
5.5.5.3	Kontrol Kekuatan Las	173
5.5.5.4	Perhitungan Shear Ring.....	174

5.5.5.5	Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas 174	
5.5.5.6	Perhitungan Base Plate	175
5.6	Perencanaan Trestle	176
5.6.1	Analisa Pembebanan pada Trestle	176
5.6.2	Perencanaan Penulangan Plat Lantai Trestle	177
5.6.2.1	Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah X	178
5.6.2.2	Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah Y	180
5.6.2.3	Perhitungan Tulangan Lapangan Arah X	181
5.6.2.4	Perhitungan Tulangan Lapangan Arah Y	182
5.6.3	Perencanaan Balok Trestle	184
5.6.3.1	Perhitungan Tulangan Lentur Tumpuan	186
5.6.3.2	Perhitungan Tulangan Lentur Lapangan	187
5.6.3.3	Perhitungan Tulangan Torsi	189
5.6.3.4	Perhitungan Tulangan Geser	192
5.6.4	Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas untuk Tiang	195
5.6.4.1	Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang	196
5.6.4.2	Kontrol Retak Pile Cap	196
5.6.4.3	Kontrol Kekuatan Las	196
5.6.4.4	Perhitungan Shear Ring	196
5.6.4.5	Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas 197	
5.6.4.6	Perhitungan Base Plate	198
5.7	Perhitungan Daya Dukung Tanah	199

5.7.1	Perhitungan Gaya Spring Vertikal.....	199
5.7.2	Perhitungan Gaya Spring Horizontal.....	200
5.8	Metode Pelaksanaan	202
5.8.1	Tahap Pra Konstruksi	202
5.8.2	Tahap Konstruksi	203
5.8.2.1	Pemasangan Tiang Pancang	203
5.8.2.2	Pelaksanaan Konstruksi Pile Cap	204
5.8.2.3	Pelaksanaan Balok dan Plat.....	205
5.8.2.4	Pelaksanaan Catwalk.....	206
5.8.3	Tahap Pasca Konstruksi	206

BAB VI KESIMPULAN

KESIMPULAN	207
DAFTAR PUSTAKA.....	209

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta lokasi proyek.....	3
Gambar 1. 2 Posisi dermaga eksisting.....	4
Gambar 1. 3 Posisi dermaga rencana	4
Gambar 1. 4 Layout dermaga eksisting.....	5
Gambar 1. 5 Layout dermaga rencana.....	5
Gambar 2. 1 Layout standard dermaga.....	9
Gambar 2. 2 Macam tipe fender (sumber : Port Designer's Handbook Thoressen).....	15
Gambar 2. 3 Perbandingan P/Ef dari masing-masing fender	16
Gambar 2. 4 Grafik koefisien arus	18
Gambar 2. 5 Spesifikasi beban sepeda motor.....	22
Gambar 2. 6 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun	23
Gambar 2. 7 Gambar 2. 6 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun	23
Gambar 2. 8 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun.....	24
Gambar 2. 9 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	24
Gambar 2. 10 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	25
Gambar 2. 11 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	25
Gambar 2. 12 Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah	27
Gambar 4. 1 Layout dermaga	54
Gambar 4. 2 Spesifikasi fender SUC1150H.....	56
Gambar 4. 3 Frontal fender	57

Gambar 4. 4 Pemasangan fender arah vertikal	58
Gambar 4. 5 Posisi kapal pada fender kondisi kapal kosong	58
Gambar 4. 6 Posisi kapal pada saat air laut surut	59
Gambar 4. 7 Permodelan sumbu tarikan kapal	60
Gambar 4. 8 Spesifikasi bollard	65
Gambar 4. 9 Grafik Respon Spektrum	77
Gambar 4. 10 Layout pembalokan platform.....	122
Gambar 5. 1 Permodelan struktur catwalk platform - berthing 8 meter	81
Gambar 5. 2 Permodelan catwalk berthing - berthing 16 m.....	82
Gambar 5. 3 Permodelan catwalk berthing - mooring 28 m.....	82
Gambar 5. 4 Permodelan catwalk mooring - mooring 32 m	83
Gambar 5. 5 Struktur baut sambungan badan.....	89
Gambar 5. 6 Layout platform	103
Gambar 5. 7 Permodelan platform	104
Gambar 5. 8 Kontur momen M11 kombinasi 1	105
Gambar 5. 9 Kontur momen M22 kombinasi 1	106
Gambar 5. 10 Kontur momen M11 kombinasi EQy.....	107
Gambar 5. 11 Kontur momen M22 kombinasi EQy.....	108
Gambar 5. 12 Kontur momen M11 kombinasi 2.....	109
Gambar 5. 13 Kontur momen M22 kombinasi 2.....	110
Gambar 5. 14 Kontur momen M11 kombinasi EQx.....	111
Gambar 5. 15 Kontur momen M22 kombinasi EQx.....	112
Gambar 5. 16 Penulangan plat lantai platform	119
Gambar 5. 17 Potongan A - A'	120
Gambar 5. 18 Potongan D - D'	120
Gambar 5. 19 Penulangan pile cap platform tiang miring	137
Gambar 5. 20 Potongan A - A'	138
Gambar 5. 21 Potongan B - B'.....	138
Gambar 5. 22 Penulangan pile cap platform tiang tegak.....	142
Gambar 5. 23 Potongan A - A'	142

Gambar 5. 24 Permodelan mooring dolphin	152
Gambar 5. 25 Penulangan mooring dolphin.....	158
Gambar 5. 26 Potongan A - A'	158
Gambar 5. 27 Potongan B - B'.....	159
Gambar 5. 28 Permodelan berthing dolphin.....	164
Gambar 5. 29 Penulangan berthing dolphin.....	171
Gambar 5. 30 Potongan A - A'	172
Gambar 5. 31 Potongan B - B'.....	172
Gambar 5. 32 Permodelan Trestle	177
Gambar 5. 33 Penulangan plat lantai trestle.....	184
Gambar 5. 34 Potongan B - B'.....	184
Gambar 5. 35 Layout pembalokan trestle.....	185
Gambar 5. 36 Penulangan balok trestle.....	194
Gambar 5. 37 Potongan A - A'	194
Gambar 5. 38 Detail 1	195

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Elevasi dermaga di atas HWS	10
Tabel 2. 2 Kebutuhan kapasitas bollard berdasarkan kapal rencana	17
Tabel 2. 3 Keterangan gambar peta percepatan batuan dasar dan spektra percepatan	26
Tabel 2. 4 Koefisien seret gaya angin pada jembatan	29
Tabel 4. 1 Kriteria kapal rencana	49
Tabel 4. 2 Spesifikasi mutu beton	50
Tabel 4. 3 Rekapitulasi perhitungan layout dermaga	52
Tabel 4. 4 Spesifikasi catwalk	53
Tabel 4. 5 Tegangan kontak izin kapal (sumber : fentek catalogue)	57
Tabel 4. 6 Besar beban tarikan kapal	60
Tabel 4. 7 Kebutuhan bollard minimum akibat arus	63
Tabel 4. 8 Perhitungan gaya angin	64
Tabel 4. 9 Spesifikasi Marine Loading Arm (sumber : Emcowheaton catalogue)	70
Tabel 4. 10 Data tanah pelabuhan Sangatta.....	71
Tabel 4. 11 Kelas Situs Tanah.....	73
Tabel 4. 12 Klasifikasi zona gempa	74
Tabel 4. 13 Perhitungan Csm Respon Spektrum.....	75
Tabel 5. 1 Profil baja catwalk.....	84
Tabel 5. 2 Tabel perhitungan Pn	90
Tabel 5. 3 Gaya pada cap beam catwalk	95
Tabel 5. 4 Momen M11 kombinasi 1	105
Tabel 5. 5 Momen M22 kombinasi 1	106
Tabel 5. 6 Momen M11 kombinasi EQy	107
Tabel 5. 7 Momen M22 kombinasi EQy	108
Tabel 5. 8 Momen M11 kombinasi 2	109

Tabel 5. 9 Momen M22 kombinasi 2	110
Tabel 5. 10 Momen M11 kombinasi EQx	111
Tabel 5. 11 Momen M22 kombinasi EQx	112
Tabel 5. 12 Rekapitulasi momen platform	113
Tabel 5. 13 Gaya pada balok B2.....	124
Tabel 5. 14 Gaya pada pile cap platform.....	133
Tabel 5. 15 Momen pada pile cap platform.....	139
Tabel 5. 16 Momen pada mooring dolphin	153
Tabel 5. 17 Momen pada berthing dolphin.....	165
Tabel 5. 18 Momen pada plat lantai trestle	177
Tabel 5. 19 Gaya pada balok trestle	186
Tabel 5. 20 Rekapitulasi perhitungan Kv dan kH tiang diameter 800 mm.....	201
Tabel 5. 21 Rekapitulasi perhitungan kV dan kH tiang diameter 600 mm.....	202

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara maritim terbesar di dunia dengan luas daratan 1.919.440 km² dan luas lautan sebesar 3.273.810 km². Hal ini menjadikan laut sebagai salah satu kunci utama untuk mengantar kempajuan Indonesia. Oleh karena itu, diperlukan adanya pembangunan sarana dan prasarana yang mampu menunjang kelancaran aktivitas tersebut.

Pelabuhan Sangatta merupakan pelabuhan yang melayani proses distribusi kapal tanker minyak yang melalui Kabupaten Kutai Timur. Pelabuhan Sangatta memiliki peran strategis dalam pelayanan kegiatan transportasi laut yang berperan dalam peningkatan ekonomi masyarakat sekitar Sangatta dan Kutai Timur. Proses operasi pelabuhan merupakan proses yang cukup penting di mana prasarana dermaga yang ada haruslah menjamin kemudahan dan keimanan proses kerja yang dilaksanakan. Oleh karena itu, maka diperlukannya suatu perancangan struktur dermaga yang mampu untuk menampung beban yang ada sekaligus mempermudah, melancarkan dan menjamin keamanan proses operasi dermaga. Dermaga Sangatta sendiri terletak di kecamatan Sagatta, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur. Dengan kondisi eksistingnya sebagai berikut :

- Nama dermaga : Dermaga Sangatta
- Tipe dermaga : Jetty
- Struktur fondasi : Tiang pancang baja
- Jenis kapal : Tanker 30.000 DWT
- Elevasi berthing dan mooring : +4,64 LWS
- Dimensi mooring dolphin : 7 m x 7 m x 1.5 m
- Dimensi berthing dolphin : 10 m x 8 m x 1.5 m

Lalu akan kami modifikasi dengan menambahkan platform dan merubah beberapa dimensi menjadi :

- Jenis kapal : Tanker 10.000 DWT
- Struktur fondasi : Tiang pancang baja
- Lebar platform : 30 meter
- Panjang platform : 19,5 meter
- Dimensi mooring dolphin : 5 m x 6 m x 1.5 m
- Dimensi berthing dolphin : 6 m x 8 m x 1,5 m

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan diusut dalam tugas akhir ini adalah :

1. Dibutuhkannya peningkatan pelayanan untuk mempermudah aksesibilitas dan meningkatkan produktivitas dermaga.
2. Diperlukannya alternatif struktur dermaga yang mampu untuk menampung kapal curah cair berkapasitas 10.000 DWT.

1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menciptakan inovasi struktur dermaga yang mampu meningkatkan aksesibilitas dan produktivitas dermaga.
2. Memberikan alternatif struktur dermaga yang mampu untuk menampung beban kapal curah cair sebesar 10.000 DWT.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya bidang perencanaan yang akan timbul dalam proyek akhir ini serta terbatasnya waktu dan disiplin ilmu yang dikuasai, maka digunakan batasan permasalahan yang meliputi :

1. Tidak melakukan perhitungan rencana anggaran biaya
2. Tidak melakukan perhitungan pipa saluran curah cair

3. Tidak meninjau manajemen konstruksi

1.5 Manfaat

Manfaat dari perencanaan modifikasi desain struktur dermaga dalam tugas akhir ini adalah untuk :

1. Mendapatkan alternatif model struktur yang dermaga yang sederhana dan aman terhadap perilaku beban yang terjadi
2. Mendapatkan gambaran tentang perhitungan struktur dermaga yang direncanakan untuk menampung kapal sebesar 10.000 DWT
3. Menambah wawasan dan pengalaman yang lebih tentang perencanaan struktur dermaga
4. Diharapkan proposal akhir kami ini dapat berguna dalam rangka menambah wawasan serta pengetahuan pembaca, khususnya mahasiswa Diploma Sipil FTSP ITS mengenai struktur dermaga.

1.6 Lokasi Proyek

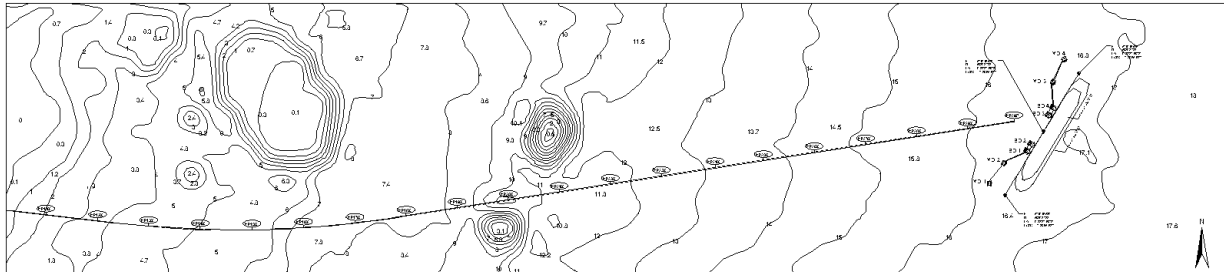
Letak Geografis : Sangatta, Kabupaten Kutai Timur,
Provinsi Kalimantan Timur

Letak Astronomis : $0^{\circ}32'0''$ U, $117^{\circ}39'40''$ T

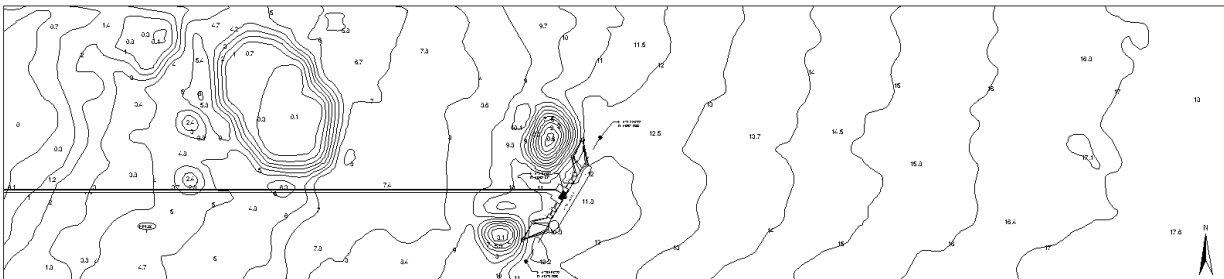


Gambar 1. 1 Peta lokasi proyek

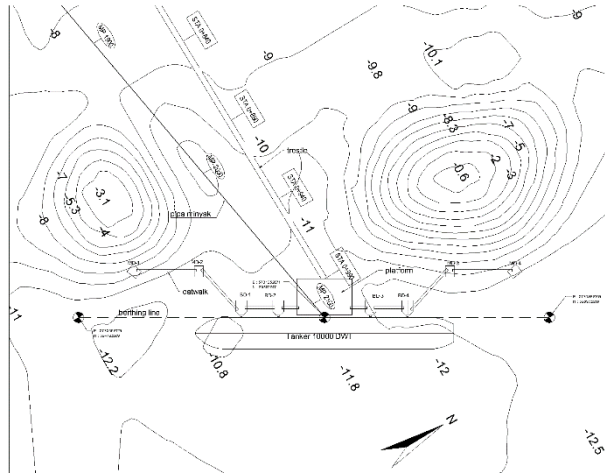
1.7 Layout Dermaga



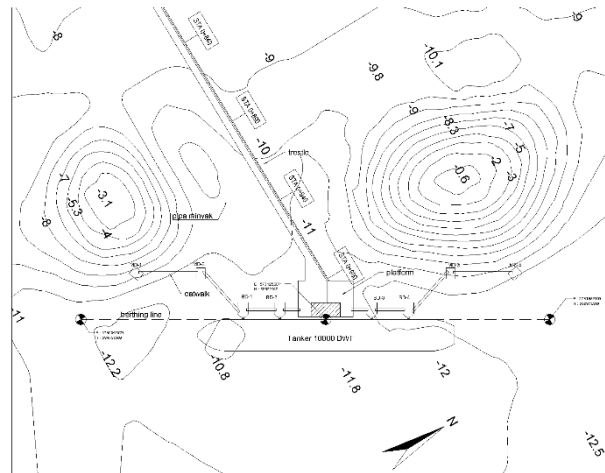
Gambar 1. 2 Posisi dermaga eksisting



Gambar 1. 3 Posisi dermaga rencana



Gambar 1. 4 Layout dermaga eksisting



Gambar 1. 5 Layout dermaga rencana

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum

Dermaga adalah bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal pada waktu bongkar muat muatan. Agar dapat ditambati oleh kapal, maka dermaga perlu dilengkapi dengan fasilitas tambat yang berupa bollard serta fasilitas sandar yang berupa fender.

Dalam perencanaan struktur dermaga Sanggatta, terdapat beberapa langkah yang harus dikerjakan. Tahap pertama yang akan dikerjakan meliputi penetapan dimensi dermaga dan dimensi elemen struktur. Dilanjutkan dengan tahap kedua yaitu perencanaan pembebanan. Pada tahap ketiga adalah penulangan elemen struktur dan tahap keempat adalah perhitungan daya dukung fondasi.

Pada tahap pertama meliputi penetapan panjang, lebar dan elevasi dermaga dengan acuan yang digunakan adalah ***Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984*** dan ***Desain Kriteria Perencanaan Pelabuhan, Direktorat Jendral Perhubungan Laut Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 1984***. Dilanjutkan dengan perencanaan struktur elemen plat, balok, oper dan tiang pancang yang menggunakan acuan ***Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992***.

Pada tahap kedua yaitu perencanaan pembebanan meliputi beban Vertikal dan beban horizontal. Beban vertikal yang terjadi adalah beban mati dan beban hidup, sedangkan beban horizontal terdiri dari beban tumbukan kapal, beban tambat kapal dan beban gempa. Perencanaan pembebanan yang dilakukan menggunakan acuan ***Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984***, ***Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992***, ***Technical Standards for Ports and Harbour Facilities in Japan, 1980***, dan ***Bridgestone Manua Fender Design***.

Tahap ketiga adalah penulangan elemen struktur di mana pada tahap ini digunakan acuan **Perencanaan Penulangan Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, SK SNI T-15-1991-03**, dan **Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992**. Dan pada tahap keempat adalah perhitungan daya dukung fondasi, dengan pembebanan yang diperoleh dari permodelan struktur yang telah dilakukan dan perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil analisa tanah.

2.2 Perencanaan Layout Dermaga

2.2.1 Trestle

Trestle adalah bagian dari struktur jetty yang berfungsi untuk menghubungkan jetty dengan daratan apabila jetty terletak jauh dari tepi pantai. Panjang trestle ditentukan oleh panjang yang dibutuhkan untuk menghubungkan jetty sampai ke darat. Sedangkan lebar trestle ditentukan berdasarkan lalu lintas apa saja yang lewat di atasnya dan fasilitas yang akan dipasang di atasnya.

2.2.2 Platform

Platform adalah bagian dermaga berupa pelat sebagai tempat peralatan bongkar-muat seperti marine loading arm dan pipa untuk bongkar muat curah cair. Dimensi utama dari unloading platform ditentukan oleh jarak yang dibutuhkan marine loading arm. Jarak minimum antar marine loading arm adalah 3-4.5 m. dimensi umum dari loading platform biasanya 20 x 35 m².

2.2.3 Berthing Dolphin

Berthing dolphin adalah tempat merapat kapal di mana pada breasting dolphin terletak fender yang berfungsi sebagai penahan benturan kapal. Adapun perhitungan jarak bentang

minimum antar berthing dolphin, berdasarkan **Port Designer's Handbook Thoressen**, dihitung dengan rumus berikut :

Untuk dermaga dengan kapal berbagai tipe DWT :

$$\text{As to As} = (0,25 - 0,4) \times \text{LOA} \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

Untuk dermaga dengan kapal satu (1) tipe DWT :

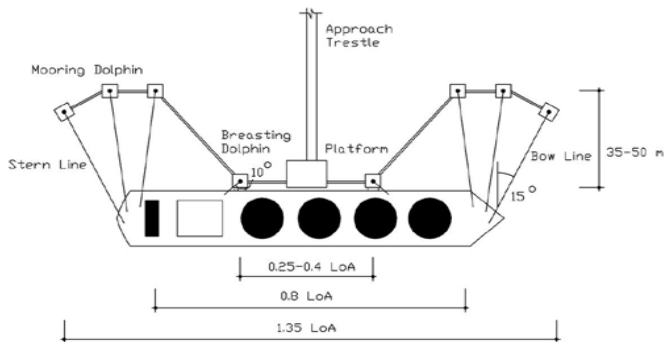
$$\text{As to As} = 0,3 \times \text{LOA} \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

2.2.4 Mooring Dolphin

Mooring Dolphin adalah bagian struktur dermaga yang berfungsi untuk menahan gaya tarikan kapal. Pada mooring dolphin dilengkapi dengan bollard yang berfungsi sebagai tempat mengikat tali yang bersambung ke kapal. Jarak antar mooring dolphin ditentukan dengan ketentuan :

$$\text{As to As} = (0,8 - 1,35) \times \text{LOA} \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

Penempatan mooring dolphin harus diatur sedemikian rupa sehingga sudut horizontal yang dibutuhkan oleh tali tidak melebihi ketentuan yang berlaku. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.1** berikut.



Gambar 2. 1 Layout standard dermaga

2.3 Penetapan Elevasi Dermaga dan Dimensi Elemen Struktur

2.3.1 Elevasi Dermaga

Berdasarkan **Desain Kriteria Perencanaan Pelabuhan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 1984, Halaman 5**, ditentukan besarnya elevasi dermaga di atas HWS berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman air rencana sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Elevasi dermaga di atas HWS

	Pasang surut ≥ 3 meter	Pasang surut < 3 meter
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq 4,5$	0,5 – 1,5 m	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air < 4,5 m	0,3 – 1,0 m	0,5 – 1,5 m

2.3.2 Dimensi Gelagar Rencana

Pada sebuah dermaga, terdapat gelagar di bawah plat lantai yang terdiri dari balok melintang dan balok memanjang. Dalam perencanaan gelegar tersebut digunakan acuan ***Bridge Design Manual BMS part 3 section 5 hal. 5-4*** yang menyebutkan bahwa tinggi efektif balok dengan kekakuan memadai direncanakan berdasarkan ketentuan berikut ini :

$$D \geq 165 + 0,06L \quad \dots\dots\dots (2-4)$$

Dengan :

D = tinggi gelagar

L = Panjang gelagar

Tinggi gelagar menerus adalah 90% dari tinggi bentang sederhana di atas.

Kontrol Kelangsingan Balok

Berdasarkan **Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 6.5.8.2 hal 6-47**, kontrol kelangsingan minimum geagar digunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \leq 240 \frac{b_{eff}}{D} \dots\dots\dots (2-5)$$

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \leq 60 \dots\dots\dots (2-6)$$

Dengan :

- L_t = jarak antar balok melintang (mm)
- b_{eff} = Lebar balok (mm)
- D = Tinggi total balok (mm)

2.3.3 Dimensi Tiang Pancang Rencana

Jenis fondasi pada struktur bangunan bawah direncanakan menggunakan tiang pancang. Dalam perencanaan dimensi tiang pancang dilakukan *trial and error* dengan menggunakan aplikasi SAP 2000, di mana dalam proses ini di cari kemungkinan model struktur yang mengalami defleksi terkecil, dengan mempertimbangan :

- Model struktur potongan melintang
- Susunan tiang pancang
- Jumlah tiang pancang
- Modifikasi dimensi tiang pancang

Penentuan lokasi penjepitan

Panjang penjepitan (io) dihitung dengan rumus **L. Y. Chang** (*Technical Standards for Port and Harbour Facilities*

in *Japan* hal 142-144) sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_h \cdot B}{4 \cdot EI}} \quad \dots\dots\dots (2-7)$$

$$l_{m1} = \frac{1}{B} \left(\tan^{-1} \frac{1 - \beta h}{1 + \beta h} + \pi \right) \quad \dots\dots\dots (2-8)$$

$$l_{y1} = \frac{1}{B} \left(\tan^{-1} \frac{1 - \beta h}{1 + \beta h} \right) \quad \dots\dots\dots (2-9)$$

$$k_h = 0,15 \text{ N}$$

Dengan :

E = Modulus elastisitas tiang (kg/cm²)

$$= 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

I = Momen inersia tiang (cm⁴)

H = Tinggi pembebanan

k_h = Modulus reaksi horizontal yang harganya konstan sepanjang tiang terbenam diperoleh dari ***Technocal Standards For Port dan Harbor Facilities di Japan 1980* hal 214.**

D = Diameter tiang (cm)

Untuk memperhitungkan pengaruh teknik, baik selama pemancangan maupun saat memikul beban permanen, diambil persyaratan teknis menurut ***Technic Standards for Port and Harbour facilities in Japan 1980*** yaitu sebagai berikut :

$$\frac{L}{D} \leq 60-70 \quad \dots\dots\dots (2-10)$$

Dengan :

L = Panjang tiang yang berpengaruh teknik (mm)

D = Panjang diameter tiang (mm)

2.4 Perencanaan Fender

Fender berfungsi sebagai penahan beban tumbukan kapal pada waktu merapat serta mengubah beban akibat tumbukan menjadi gaya reaksi yang mampu diterima oleh konstruksi dan kapal secara aman. Berikut adalah langkah-langkah dalam merencanakan fender.

2.4.1 Menghitung Energi Tumbukan Kapal

Energi tumbukan kapal dapat dihitung dengan rumus :

$$E_f = W_s \cdot \frac{v}{2 \cdot g} \cdot C_m \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S \dots\dots\dots (2-11)$$

Dimana :

W_s = displacement tonnage (ton)

v = kecepatan sandar kapal (m/s)

C_b = koefisien blok kapal, dihitung dengan :

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \cdot B \cdot d \cdot \rho} \dots\dots\dots (2-12)$$

B = lebar kapal (m)

d = draft kapal (m)

ρ = massa jenis air laut = 1,025 t/m³

L_{pp} = length between perpendicular (m)

$$L_{pp} = 0,852 \times Lo_a^{1,0201} \dots\dots\dots (2-13)$$

C_m = koefisien massa, dihitung dengan :

$$C_m = 1 + \frac{(\pi \cdot d)}{2 \cdot C_b \cdot B} \dots\dots\dots (2-14)$$

C_E = koefisien eksentrisitas, merupakan koefisien perbandingan antara energi yang tersisa akibat merapatnya kapal terhadap energi kinetik waktu kapal merapat. C_E dihitung dengan :

$$C_E = \frac{1}{1 + (I/r)^2} \dots\dots\dots (2-15)$$

Dari rumus diatas, dibutuhkan harga l dan r , di mana :

l = jarak terpendek antara centre of gravity (c.g) kapal sampai ke titik tumbuknya, yaitu sebesar :

$l = 4$ untuk kade, jetty

$l = \frac{1}{4}$ Loa untuk dolphin

r = jari-jari perputaran dengan pusat c.g kapal.
panjang jari-jari c.g sampai titik tumbuk.

C_c = Configuration Coefficient. Adalah koefisien untuk konfigurasi struktur tambatan dalam rangka memperhitungkan adanya efek bantalan air. Efek ini timbul karena adanya massa air yang terjepit antara posisi kapal merapat dengan tambatan. Bila tambatan merupakan konstruksi solid (misalnya = kade) maka adanya efek bantalan akan mengurangi energy tumbukan, sedang pada konstruksi *Open pier* atau Jetty air tidak membentuk bantalan.

$C_c = 0,8$ untuk kade, wharf

$C_c = 1$ untuk jetty, open pier

C_s = Softness Coefficient. Adalah koefisien untuk mengantisipasi pengaruh deformasi elastis terhadap badan kapal maupun konstruksi tambatan.

$C_s = 0,9 - 1,0$

$C_s = 1,0$ (kapal baja)

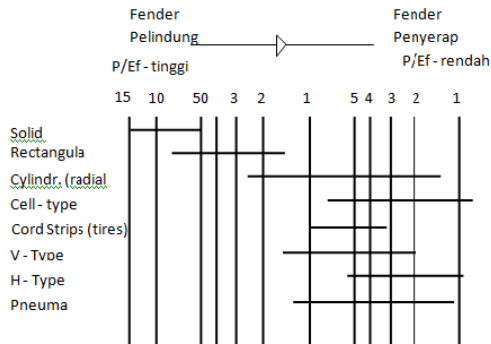
2.4.2 Pemilihan Tipe Fender

Ada berbagai type bahan untuk fender diantaranya kayu, beton dan karet. Dari ketiga jenis bahan tersebut bahan karet memiliki kemampuan menyerap energi yang paling efektif, murah dan mudah dipasang. **Gambar 2.2** berikut menunjukkan macam – macam bentuk fender.

Type	Fendershape	Sizes $D_L H_L H_H$ in mm	Reaction kN	Energy kNm	Performance curve
Cylindrical		150/1000 ↓ 2800/5820	80 ↓ 6 600	3 ↓ 5000	
Cell		400/350 ↓ 3000/2250	52 ↓ 5 800	8 ↓ 6 700	
V-type		250/1000 ↓ 1000/2020	150 ↓ 2 290	15 ↓ 940	
		200/1000 ↓ 1300/2500	150 ↓ 3 400	10 ↓ 1 500	
H-type		400/500 ↓ 2 500/4020	140 ↓ 6 900	22 ↓ 7000	
Pneumatic		500/1000 ↓ 4500/2020	50 ↓ 8 500	4 ↓ 7000	

Gambar 2. 2 Macam tipe fender (sumber : Port Designer's Handbook Thoressen)

Perfomansi dari sebuah fender dapat dinyatakan dengan perbandingan P (gaya tekan beban radial) terhadap E_f (energi fender). Hal ini dapat digunakan sebagai acuan pengambilan keputusan penetapan bentuk fender yang akan digunakan. **Gambar 2.3** berikut menunjukkan perbandingan P/E_f dari masing-masing type fender



Gambar 2. 3 Perbandingan P/E_f dari masing-masing fender

2.5 Perencanaan Bollard

Bollard merupakan fasilitas tambat pada suatu dermaga yang berfungsi sebagai tambatan kapal saat merapat di dermaga. Perencanaan bollard ini berkaitan dengan adanya gaya tarikan kapal yang harus disediakan agar dapat melayani kapal rencana.

2.5.1 Pemilihan Bollard

Pemilihan tipe bollard disesuaikan dengan gaya tambat kapal sesuai dengan ukuran kapal rencana dan dibandingkan dengan gaya pada kapal akibat angin dan arus yang terjadi.

2.5.1.1 Gaya Tambat Kapal

Berikut adalah **Tabel 2.2** yang menunjukkan kebutuhan kapasitas bollard berdasarkan kapal rencana yang akan bertambat dan hubungannya dengan kapasitas bollard berdasarkan **Standard Design Criteria for Ports in Indonesia** tabel 5.2.

Tabel 2. 2 Kebutuhan kapasitas bollard berdasarkan kapal rencana

Gross tonnage of vessel (ton)	Tractive force on bollard (ton)
200 - 500	10
501 - 1000	15
1001 - 2000	15
2001 - 3000	25
3001 - 5000	25
5001 - 10000	35
10001 - 15000	50
15001 - 20000	50
20001 - 100000	70

2.5.1.2 Gaya Akibat Angin

Gaya akibat angin pada badan kapal yang ada di atas air dihitung dengan rumus :

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot V^2 \cdot (A \cdot \cos^2 \theta + B^2 \cdot \sin^2 \theta) \dots\dots\dots (2-16)$$

Dimana :

P_w = gaya resultan akibat pengaruh angin (kg)

ρ = kepadatan udara = 0,123 kg.sec²/m⁴

C = koefisien tekanan angin = 1,135

V = kecepatan angin (m/s)

A = luasan muka kapal di atas air

B = luasan badan kapal di atas air

θ = sudut arah datang angin terhadap sumbu memanjang kapal

Gaya yang terjadi harus dihitung pada angin kondisi normal dan badai dengan disesuaikan pada arah datang angin pada sisi kapal yang menahan angin tersebut.

2.5.1.3 Gaya Akibat Arus

Tekanan arus pada badan kapal yang ada di bawah air dihitung dengan :

$$P_c = C_c \cdot \gamma_c \cdot A_c \cdot \frac{V_c^2}{2g} \quad \dots\dots\dots (2-17)$$

Di mana :

P_c = tekanan arus pada kapal (ton)

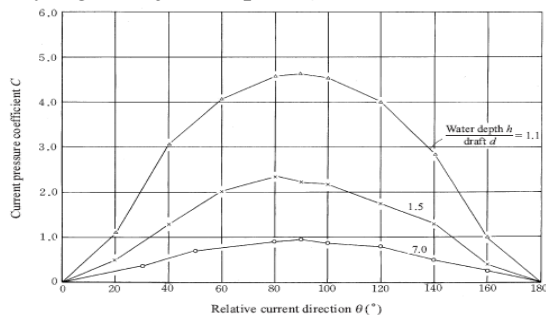
γ_c = berat jenis air laut = 1,025 t/m³

A_c = Luas kapal di bawah muka air (m²), dihitung pada empat kondisi, kapal penuh dan kapal kosong dengan masing-masing ditinjau sisi depan dan samping kapal

V_c = Kecepatan arus

C_c = koefisien tekanan arus.

Berdasarkan **Technical Standarts And Commentaries For Port and Harbour Facilities in Japan**, koefisien arus dapat diketahui dari grafik yang ditunjukkan pada **gambar 2.4** berikut.



Gambar 2. 4 Grafik koefisien arus

Untuk arus tegak lurus kapal, $C_c = 1,5$

Untuk arus sejajar kapal, $C_c = 0,6$

2.5.2 Sambungan Bollard

Agar bollard bisa menyatu dengan struktur dermaga, maka digunakan sambungan baut - bollard. Adapun tahapan

perencanaan sambungan baut meliputi perhitungan kontrol tegangan izin baut yang disyaratkan menurut **Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 pasal 8.2.1**, di mana :

- Tegangan geser izin :
 $\tau_{izin} = 0,6.\sigma_d$ (2-18)
- Tegangan tarik izin :
 $\sigma_{ta} = 0,7.\sigma_d$ (2-19)
- Tegangan tumpu izin :
 $\sigma_{tu} = 1,5.\sigma_d$ (2-20)

Gaya tarik yang bekerja pada bollard disesuaikan dengan sudut tali yang terjadi.

$$T' = T.\sin\theta^\circ \text{ (ton)} \quad \dots\dots\dots (2-21)$$

$$T'' = T.\cos\theta^\circ \text{ (ton)} \quad \dots\dots\dots (2-22)$$

Kemudian dilakukan perhitungan kontrol kekuatan baut terhadap momen yang terjadi akibat gaya horizontal dan gaya vertikal.

- Kontrol kekuatan baut akibat gaya horizontal
 $R_h = T'' / nb(\text{jumlah baut})$ (2-22)
 $M = R_h . h$ (2-23)
- Kontrol kekuatan baut akibat gaya vertikal
 $R_{v1} = T' / nb$ (2-24)
 $R_{v2} = M / 2a$ (2-25)
 $R_v = R_{v1} + R_{v2}$ (2-26)

Penjangkaran bollard

Penjangkaran bollard dilakukan dengan perhitungan kekuatan tiap baut angker terhadap R_h dan R_v yang terjadi.

$$T_b = \text{kekuatan tarik 1 baut}$$

$$= K_{\text{ank}} \times L_{\text{ank}} \times \sigma'_b \quad \dots\dots\dots (2-27)$$

Di mana :

K_{ank} = keliling baut

L_{ank} = panjang angker

σ'_b = tegangan izin beton = $0,48\sqrt{f'_c}$

2.6 Pembebanan

Pada struktur dermaga, beban-beban yang terjadi meliputi beban vertikal (Berat sendiri, beban lantai dan balok) serta beban horizontal (benturan kapal, tambatan kapal, gaya gempa, gaya gelombang). Dilakukan perhitungan menggunakan input aplikasi SAP 2000 untuk mengetahui gaya geser aksial (shear Force), momen dan torsi yang terjadi.

2.6.1 Pembebanan pada Catwalk

Pada catwalk, beban yang terjadi hanyalah beban vertikal yang meliputi :

- a. Beban mati merata
 - Beban plat lantai baja
 - Berat profil WF sebagai balok memanjang dan melintang
- b. Beban hidup merata
 - Beban air hujan
- c. Beban hidup terpusat
 - Beban pejalan kaki

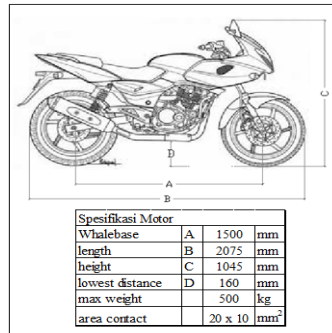
2.6.2 Pembebanan pada Platform

2.6.2.1 Beban Vertikal

- a. Beban mati merata
 - Berat sendiri lantai beton. Berdasarkan **Technical Standards and Commentaries for Port and**

Harbour Facilities in Japan 1991, berat sendiri lantai beton adalah $2,5 \text{ t/m}^3$

- b. Beban hidup merata
 - Beban air hujan, dihitung dengan asumsi ketebalan genangan air setinggi 5 cm.
- c. Beban mati terpusat
 - Beban marine loading arm (MLA) adalah bagian dari dermaga yang berfungsi sebagai pemompa minyak baik dari storage menuju kapal ataupun sebaliknya. Berat MLA disesuaikan dengan spesifikasi MLA yang di pakai dalam perencanaan.
 - Beban monitoring house, Monitoring house merupakan bangunan sederhana yang berfungsi sebagai ruang monitoring bagi petugas dermaga. Beban monitoring house dihitung dengan kalkulasi langsung dari berat bahan struktur terhadap dimensi yang digunakan.
 - Beban rangkaian sistem perpipaan curah cair yang terdiri daripipa, dudukan pipa, komponen pengikat dan penyangga, serta berat curah cair sendiri.
- d. Beban mati terpusat
 - Beban sepeda motor. Diambil luas kontak tiap roda $200 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ dengan spesifikasi yang dijelaskan pada **gambar 2.5** berikut.



Gambar 2. 5 Spesifikasi beban sepeda motor

2.6.2.2 Beban Horizontal

- a. Beban gempa. Dalam perencanaan dermaga, pengaruh gempa diperhitungkan dengan tujuan agar dermaga tersebut mampu menahan gempa yang terjadi. Berdasarkan RSNI 2833-2013, beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik (Csm) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan dengan faktor modifikasi respon (R). Adapun perhitungan beban gempa dilakukan sebagai berikut :

$$EQ = Csm/R \times Wt \quad \dots\dots\dots (2-28)$$

Di mana :

EQ = gaya gempa horizontal (kN)

Csm = koefisien respon gempa elastik pada moda getar ke-m

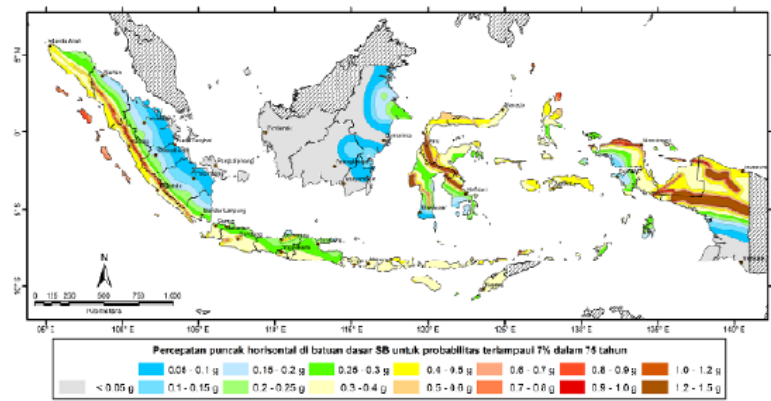
R = faktor modifikasi respon

Wt = berat total struktur (kN)

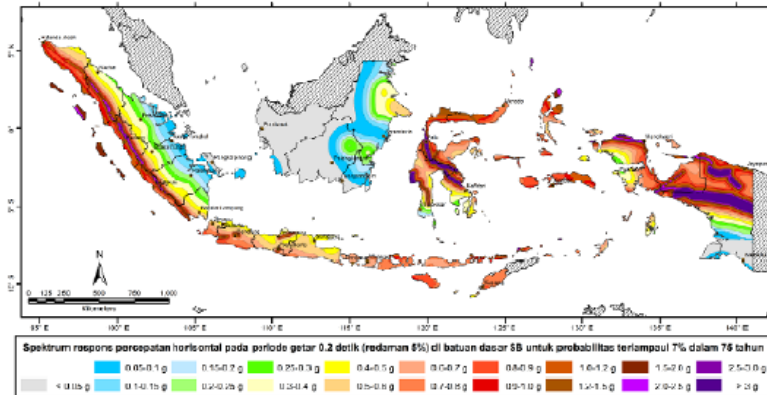
Koefisien repson elastik Csm diperoleh dari peta percepatan betuan dasar dan spektra percepatan sesuai dengan daerah gempa dan periode ulang gempa rencana.



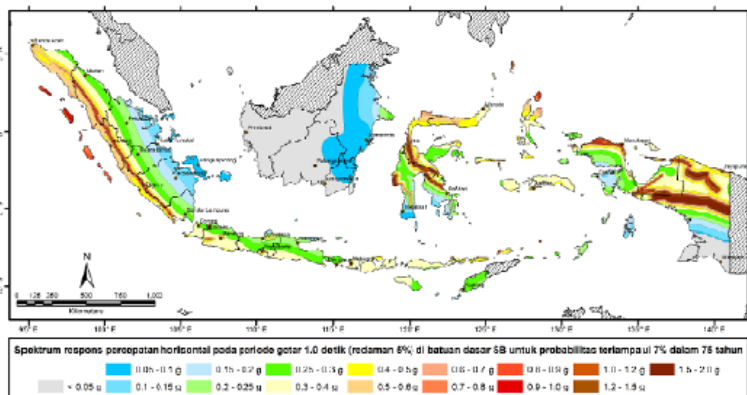
Gambar 2. 8 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



Gambar 2. 9 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 2. 10 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

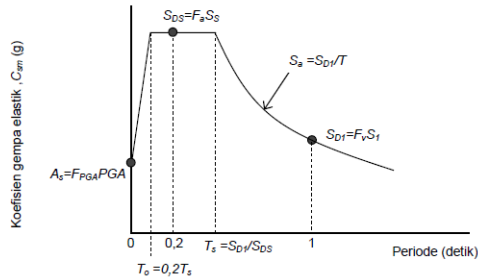


Gambar 2. 11 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Tabel 2. 3 Keterangan gambar peta percepatan batuan dasar dan spektra percepatan

No.	No. gambar	Level gempa	Keterangan
1.	Gambar 2.6	10 % dalam 50 tahun (500 tahun)	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)
2.	Gambar 2.7		Pera respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S_s)
3.	Gambar 2.8		Peta respons spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar (S_1)
4.	Gambar 2.9	7 % dalam 75 tahun (1000 tahun)	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)
5.	Gambar 2.10		Pera respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S_s)
6.	Gambar 2.11		Peta respons spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar (S_1)

Pada perencanaan ini, beban gempa menggunakan fungsi respons spectrum yang diinput pada program bantu SAP2000. Metode gempa ini menggunakan metode gempa dinamis. Grafik respon spektrum dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah

2.6.3 Pembebanan pada Mooring Dolphin

2.6.3.1 Beban Vertikal

- a. Beban mati merata
 - Berat sendiri lantai beton. Berdasarkan **Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan 1991**, berat sendiri lantai beton adalah $2,5 \text{ t/m}^3$
- b. Beban hidup merata
 - Beban air hujan, dihitung dengan asumsi ketebalan genangan air setinggi 5 cm.
- c. Beban mati terpusat
 - Beban sendiri bollard. Beban bollard disesuaikan dengan spesifikasi bollard yang diambil.

2.6.3.2 Beban Horizontal

- a. Beban gempa. Beban gempa pada mooring dolphin dihitung secara dinamis pada respon spekturm SAP 2000 seperti yang dilakukan pada platform.
- b. Beban tambatan kapal. Kapal yang merapat di dermaga akan ditambatkan dengan menggunakan tali ke alat penambat yang disebut bollard. Pengikatan ini dimaksudkan untuk menahan gerakan kapal yang

disebabkan oleh angin dan arus. Adapun perhitungan beban tambatan kapal telah dijelaskan pada subbab 2.5.1.

2.6.4 Pembebanan pada Berthing Dolphin

2.6.4.1 Beban Vertikal

- a. Beban mati merata
 - Berat sendiri lantai beton. Berdasarkan **Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan 1991**, berat sendiri lantai beton adalah $2,5 \text{ t/m}^3$
- b. Beban hidup merata
 - Beban air hujan, dihitung dengan asumsi ketebalan genangan air setinggi 5 cm.
- c. Beban mati terpusat
 - Beban sendiri fender. Beban fender disesuaikan dengan spesifikasi bollard yang diambil.

2.6.4.2 Beban Horizontal

- a. Beban gempa. Beban gempa pada berthing dolphin dihitung secara dinamis pada respon spektrum SAP 2000 seperti yang dilakukan pada platform.
- b. Beban reaksi fender. Pada saat merapat ke dermaga, kapal masih mempunyai kecepatan sehingga akan terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Gaya yang ditimbulkan oleh benturan tersebut disebut berthing force (gaya sandar) yang selanjutnya akan ditahan oleh fender sehingga terjadi gaya reaksi fender. Adapun perhitungan gaya sandar kapal telah dibahas pada subbab 2.4.1

2.6.5 Pembebanan pada Trestle

2.6.5.1 Beban Vertikal

- a. Beban mati merata

- Berat sendiri lantai beton. Berdasarkan **Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan 1991**, berat sendiri lantai beton adalah $2,5 \text{ t/m}^3$

b. Beban hidup merata

- Beban air hujan, dihitung dengan asumsi ketebalan genangan air setinggi 5 cm.
- Beban angin. Beban angin pada trestle terjadi pada kendaraan yang melalui trestle sehingga menciptakan gaya horizontal yang diteruskan roda ke trestle. Beban angin tersebut dihitung dengan persamaan berikut.

$$P_{ew} = (h/2)/1,75.T_{ew} \dots\dots\dots (2-29)$$

Dengan :

T_{ew} = gaya nominal jembatan akibat angin.

$$T_{ew} = 0,0012 \cdot V_w^2 \cdot C_w \dots\dots\dots (2-30)$$

Di mana :

V_w = kecepatan angin (m/s)

C_w = koefisien seret, ditentukan sesuai **tabel 27 RSNI T 02 2005** berikut.

Tabel 2. 4 Koefisien seret gaya angin pada jembatan

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif: (1), (2)	
$b/d = 1.0$	2.1 (3)
$b/d = 2.0$	1.5 (3)
$b/d \geq 6.0$	1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif	
CATATAN (2) Untuk harga antara dari b / d bisa diinterpolasi linier	
CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, C_w harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5 %	

- c. Beban mati terpusat
 - Beban rangkaian sistem perpipaan curah cair yang terdiri daripipa, dudukan pipa, komponen pengikat dan penyangga, serta berat curah cair sendiri.
 - Beban pagar pengaman
- d. Beban hidup terpusat
 - Beban sepeda motor

2.6.5.2 Beban Horizontal

- a. Beban gempa. Beban gempa pada berthing dolphin dihitung secara dinamis pada respon spektrum SAP 2000 seperti yang dilakukan pada platform.

2.6.6 Kombiasi Pembebanan

Dalam perencanaan ini, kombinasi pembebanan yang digunakan merujuk pada SNI 03-2847-2002, dengan rincian sebagai berikut :

- a. Kondisi operasi
 - 1. 1,4 DL
 - 2. 1,2 DL + 1,6 LL
- b. Kombinasi kapal sandar
 - 1. 1,2 DL + 1,6 LL + 1,2 BL
 - 2. 1,2 DL + 1,6 LL + 1,2 ML
- c. Kondisi gempa
 - 1. 1,2 DL + 0,9 LL + 1 GX + 0,3 GY
 - 2. 1,2 DL + 0,9 LL - 1 GX - 0,3 GY

Di mana :

DL = Deal Load (beban mati)
 LL = Live Load (beban hidup)
 ML = Mooring Load (beban tambat)
 BL = Berthing Load (beban benturan)
 GX = beban gempa yang bekerja pada arah X

GY = beban gempa yang bekerja pada arah Y

2.7 Perencanaan Struktur Catwalk

2.7.1 Kontrol Penampang

Berdasarkan RSNI T-03-2015, Perhitungan kekompakan penampang dihitung dengan memperhatikan kekompakan dari web (badan) dan flens (sayap) profil yang dihitung dengan :

- Web

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad \dots\dots\dots (2-31)$$

- Flens

$$\frac{b}{2.t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad \dots\dots\dots (2-32)$$

2.7.2 Kontrol Tekuk Lateral

Profil baja perlu di cek kekompakannya agar mampu untuk menahan tekuk ke samping dari bagian yang tertekan. Kontrol tekuk lateral dihitung dnegan persamaan :

$$\phi M_n > M_u$$

Di mana :

$$M_n = Z_x \cdot f_y \quad \dots\dots\dots (2-32)$$

2.7.3 Kontrol Lendutan Terjadi

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 6.4.3, lendutan terjadi harus lebih kecil dari lendutan izin yang dihitung dengan :

$$L/360 \quad \dots\dots\dots (2-33)$$

Di mana L merupakan panjang bentang catwalk

2.7.4 Sambungan Balok Girder Catwalk

Suatu komponen struktu baja yang panjang terkadang menimbulkan kesuitan dalam proses transportasi dari lokasi pabrik/workshop menuju lokasi proyek. Permasalahan tersebut biasanya dapat diselesaikan dengan membagi elemen-elemen

struktural baja menjadi elemen struktur yang lebih kecil dan kemudian dilakukan perakitannya di lapangan menggunakan sistem sambungan lewatan. Adapun panjang bentang baja yang tersedia pada umumnya adalah 12 meter sehingga perlu dilakukan penyambungan bentang pada tiap panjang 12 meter.

Sambungan antar girder dilakukan dengan penambahan plat pada bagian badan dan sayap profil. Adapun perhitungan sambungan dilakukan dengan metode sebagai berikut.

$$M = \phi_b \cdot M_n$$

$$V_u = \phi_c \cdot V_n \quad \dots\dots\dots (2-34)$$

Di mana :

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot h \cdot t_w \quad \dots\dots\dots (2-35)$$

Diasumsikan 90% momen lentur yang terjadi dipikul oleh plat sambung sayap (sayap) dan 10% dipikul oleh plat sambung badan (web).

- Plat sambung sayap

$$F_f = M / (d + t_{pf}) \quad \dots\dots\dots (2-36)$$

Di mana :

M = momen yang di tanggung sayap (90%. M)

d = tinggi profil

t_{pf} = tebal plat sambung

Baut yang direncanakan harus dihitung ketahanannya terhadap geser dan tumpu.

$$\text{Geser} = \phi \cdot 0,5 \cdot f_{ub} \cdot m \cdot A_b \quad \dots\dots\dots (2-37)$$

$$\text{Tumpu} = \phi \cdot 2,4 D_b \cdot t_{pf} \cdot f_u \quad \dots\dots\dots (2-38)$$

Di mana :

ϕ = faktor reduksi
 f_{ub} = kuat putus baut
 A_b = luas bidang baut
 D_b = diameter baut

- Plat sambung badan

Perhitungan sambungan badan girder dilakukan dengan metode plastis dengan memperhitungkan P_n . Dalam metode ini dilakukan metode trial error untuk mengetahui panjang r_0 , di mana r_0 merupakan jarak dari pusat gaya rangkaian baut (CG) ke pusat rotasi (IC).

Perhitungan dilakukan dengan mengukur jarak dari tiap baut ke IC dengan mengasumsikan r_0 hingga nilai $P_n = P_n'$. Di mana :

$$P_n = \sum R_i \cdot X_i / d_i \quad \dots\dots\dots (2-39)$$

$$P_n' = \sum R_i \cdot d_i / (e + r_0) \quad \dots\dots\dots (2-40)$$

Periksa terhadap geser :

$$\text{Geser leleh} = \phi(0,6f_y)A_g \quad \dots\dots\dots (2-41)$$

$$\text{Geser fraktur} = \phi(0,6f_u)A_n \quad \dots\dots\dots (2-42)$$

Di mana :

A_g = luas bruto plat

A_n = luas neto plat

2.8 Analisa Struktur dan Penulangan

2.8.1 Penulangan pada Plat

Perencanaan penulangan plat dihitung dengan metode momen ultimit yang didasarkan pada besar momen yang terjadi akibat beban – beban yang bekerja.

Standar yang dipergunakan dalam perencanaan plat beton bertulang adalah **SNI T-12-2004**. Langkah-langkah perhitungan tulangan lentur plat lantai adalah sebagai berikut :

1. Menghitung momen terfaktor. Proses ini dilakukan dengan analisis struktur (Mu) menggunakan program bantu SAP2000.

2. Hitung momen nominal,

$$M_n = M_u / \phi \quad \dots\dots\dots (2-43)$$

Di mana ϕ adalah faktor reduksi kekuatan lentur = 0,8 (**SNI T-12-2004 pasal 4.5.2 halaman 20**)

3. Menghitung tahanan momen nominal,

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad \dots\dots\dots (2-44)$$

Dengan :

b = lebar pelat yang ditinjau (diambil 1 meter)

d = tebal efektif plat lantai

4. Menghitung tahanan momen minimum,

$$p_{min} = 1,4 / f_y \quad \dots\dots\dots (2-45)$$

5. Mencari tahanan momen maksimum,

$$p_b = \beta \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \quad \dots\dots\dots (2-46)$$

Dengan :

$\beta = 0,85$ [untuk $f_c' \leq 30$ MPa]

$\beta = 0,85 - 0,008(f_c' - 30)$ [untuk $f_c' > 30$ MPa]

(**SNI T-12-2004 persamaan 5.1-1 dan 5.1-2**)

$$p_{maks} = 0,75 / f_y \quad \dots\dots\dots (2-47)$$

6. Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \quad \dots\dots\dots (2-48)$$

7. Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad \dots\dots\dots (2-49)$$

8. Jarak antar tulangan,

$$s = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot dt^2 \cdot b}{A_s} \dots\dots\dots (2-50)$$

Dengan :

dt = diameter tulangan

9. Cek kemampuan nominal :

$$T = A_{st} \cdot f_y \dots\dots\dots (2-51)$$

Di mana :

A_{st} = luas penampang tulangan dipakai

$$a = \frac{T}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)} \dots\dots\dots (2-52)$$

$$\phi M_n = \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \dots\dots\dots (2-53)$$

10. Nilai ϕM_n harus lebih besar dari Mu

2.8.2 Kontrol Stabilitas Lendutan Plat

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 Pasal 5.3**, lendutan untuk plat dan gelagar harus dibatasi sedemikian hingga :

- Lendutan akibat pengaruh tetap adalah dalam batas wajar, yaitu :

$$0 < \Delta < L/300 \dots\dots\dots (2-54)$$

- Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, yaitu :

$$\Delta < L/360 \dots\dots\dots (2-55)$$

Di mana :

Δ = lendutan yang terjadi

L = panjang bentang

2.8.3 Penulangan pada Balok

Penulangan balok dermaga juga dilakukan dengan kondisi sebelum komposit (plat pracetak) maupun pada kondisi sesudah komposit, direncanakan dengan tulangan rangkap. Dalam perhitungan penulangan perlu dilakukan kontrol retak dan

lendutan (baik lendutan seketika dan jangka panjang) sesuai dengan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol. 1, pasal 5.4.2 hal 5-94.**

Penuangan pada balok diperhitungkan terhadap lentur, geser, torsi, serta lendutan yang terjadi dengan beban yang sesungguhnya serta kontrol petak pada penampang. Untuk momen, gaya lintang, dan nilai-nilai analisa mekanika lainnya diperoleh dari hasil analisis program bantu SAP 2000

2.8.3.1 Penulangan Lentur

Penentuan penulangan lentur balok dilakukan dengan cara yang sama seperti pada penulangan lentur plat. Dengan ditinjau momen ultimit pada bagian lapangan dan tumpuan balok.

2.8.3.2 Penulangan Torsi

Perhitungan tulangan torsi dihitung dengan metode sebagai berikut.

1. Penentuan keperluan tulangan torsi.

Torsi (T_u) dapat diabaikan jika lebih kecil dari :

$$\frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots\dots\dots (2-56)$$

Di mana :

A_{cp} = luas penampang balok

P_{cp} = keliling penampang balok

2. Hitung sifat-sifat tampang datar yang diperlukan (A_o) dengan menggunakan persamaan :

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} \dots\dots\dots (2-57)$$

Di mana :

$$A_{oh} = x_1 \cdot y_1 \quad \dots\dots\dots (2-58)$$

Dengan :

$$x_1 = b - 2p - D_{sengkang} \quad \dots\dots\dots (2-59)$$

$$y_1 = h - 2p - D_{sengkan} \quad \dots\dots\dots (2-60)$$

3. Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot \phi_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b \cdot d} + \frac{2\sqrt{f'_c}}{3}\right) \quad \dots\dots\dots (2-61)$$

Dengan :

$$d = h - p - D_{sengkang} - D_{lentur}/2 \quad \dots\dots\dots (2-62)$$

$$\phi_h = 2 (x_1 + y_1) \quad \dots\dots\dots (2-63)$$

4. Rencanakan tulangan puntir tambahan untuk menahan geser dengan menggunakan persamaan :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yv}}{s} \cdot \cot \theta \quad \dots\dots\dots (2-64)$$

Dengan $\phi T_n \geq T_u$

5. Tulangan puntir tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir tidak boleh kurang dari :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot P_h \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \cdot \cot^2 \phi \quad \dots\dots\dots (2-65)$$

6. Hitung luas total minimum tulangan torsi longitudinal dengan ketentuan :

$$A_{l_{min}} = \frac{5\sqrt{f'_c} \cdot A_{cp}}{12 \cdot f_{yl}} - \left(\frac{A_t}{s}\right) \cdot P_h \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \quad \dots\dots\dots (2-66)$$

Dengan A_t/s tidak kurang dari $b_w/6f_y$

7. Luas tulangan tambahan kemudian di sebar merata ke 4 sisi balok. Namun pada sisi atas dan bawah balok, karena tamahn tulangan torsi, maka lebar efektif

berubah. Sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang dengan menggunakan lebar efektif baru.

2.8.3.3 Penulangan Geser

Perencanaan terhadap geser didasarkan pada **SNI 2847-03-2002, pasal 13**.

$$\phi V_n \geq V_u \quad \dots\dots\dots (2-67)$$

dan V_n adalah gaya geser terfaktor yang dihitung menggunakan :

$$V_n = V_c + V_s \quad \dots\dots\dots (2-68)$$

Sedangkan V_c adalah kuat geser yang disumbangkan oleh beton yang dihitung menurut :

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad \dots\dots\dots (2-69)$$

Cek kondisi :

Kondisi 1 :

$$V_u > \phi \cdot V_c \quad \dots\dots\dots (2-70)$$

Kondisi 2 :

$$V_u > 5 \cdot \phi \cdot V_c \quad \dots\dots\dots (2-71)$$

Kondisi 3 :

$$V_u > 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \quad \dots\dots\dots (2-72)$$

Perhitungan tulangan geser :

$$V_s = V_n - V_c \quad \dots\dots\dots (2-73)$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad \dots\dots\dots (2-74)$$

$$\frac{Av_{tot}}{s} = \frac{2At}{s} + \frac{Av}{s} \quad \dots\dots\dots (2-75)$$

Sedangkan nilai Av total minimum adalah :

$$Av + 2At = 0,75\sqrt{fc'} \frac{bw.s}{1200.fyv} \quad \dots\dots\dots (2-76)$$

Dan nilai $Av + 2At$ tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1}{3}bw \frac{s}{fyv} \quad \dots\dots\dots (2-77)$$

Kontrol spasi :

$$S \text{ maks} = Ph/8 \text{ atau } 300 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots (2-78)$$

2.8.4 Kontrol Stabilitas Balok

2.8.4.1 Kontrol Retakan Lentur

Retakan gelagar dianggap terkendali pada keadaan layan oleh pembagian penulangan sedemikian. Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Tekuk Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.2.1a** :

1. Jarak antar pusat-pusat batang tulangan dekat permukaan tarik balok tidak boleh melebihi 200 mm.
2. Jarak dari pinggi atau dasar balok terhadap pusat batang tulangan memanjang terdekat tidak boleh melebihi 100 mm.

Untuk maksud di atas, suatu batang tulangan dengan diameter lebih kecil dari setengah diameter batang terbesar dalam penampang melintang harus diabaikan.

2.8.4.2 Kontrol Lendutan Balok

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.2a**, lendutan pada balok (dan plat) harus dibatasi sedemikian bahwa :

1. Lendutan akibat pengaruh tetap (lawan sudut atau lendutan) adalah dalam batas wajar. Yaitu :

$$0 < \Delta < L/300 \quad \dots\dots\dots (2-79)$$
2. Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, tidak melebihi :

$$\Delta < L/800 \text{ (untuk bentang)} \quad \dots\dots\dots (2-79)$$

$$\Delta < L/400 \text{ (untuk kantilever)} \quad \dots\dots\dots (2-80)$$

2.9 Perhitungan Struktur Bawah

Perhitungan struktur daya dukung struktur bawah menggunakan metode perhitungan spring elastis linier. Pada analisa tahanan tanah lateral yang bersifat liner elastis, tanah dimodelkan sebagai spring dengan dilakukan peninjauan pada tiap meter kedalaman tanah sebagai gaya spring horizontal dan peninjauan pada ujung tiang sebagai gaya spring vertikal. Kedalaman tanah hingga mencapai lapisan keras adalah 28 meter yang diukur dari seabed dan besar pergeseran (y) diambil = 1

2.9.1 Perhitungan Gaya Spring Vertikal

Perhitungan gaya spring yang terjadi pada ujung tiang dihitung dengan memperhitungkan kV yang dihitung dengan rumus :

$$kV = Af \cdot k0 \quad \dots\dots\dots (2-81)$$

Dengan :

$$Af = \frac{1}{4} \pi \cdot (\emptyset^2 - (\emptyset - (2 \cdot y/10))^2) \quad \dots\dots\dots (2-82)$$

$$k0 = 0,2 \cdot E \cdot (\emptyset)^{-3/4} \quad \dots\dots\dots (2-83)$$

Di mana:

kV = gaya spring vertikal

A_f = lebar efektif

k_0 = harga perkiraan koefisien dari reaksi tanah jika pergeseran pada permukaan dibuat sebesar 1 cm

\emptyset = Diameter tiang pancang

E = Modulus elastisitas tanah pada kedalaman yang ditinjau. Dihitung dengan :

$$E = N \cdot Dt \quad \dots\dots\dots (2-84)$$

N = nilai N SPT pada kedalaman yang ditinjau

Dt = kedalaman ujung tiang pancang

2.9.2 Perhitungan Gaya Spring Horizontal

Perhitungan kH dilakukan dengan dengan rumus :

$$kH = \text{koef.K} \cdot \emptyset (a - b) \quad \dots\dots\dots (2-85)$$

Di mana :

$$\text{Koef.K} = k_0 \cdot y^{-0,5} \quad \dots\dots\dots (2-86)$$

a = kedalaman tanah yang ditinjau – 1 meter

b = kedalaman tanah ditinjau

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENULISAN

3.1 Gambaran Umum

Metodologi yang digunakan dalam perencanaan kali ini meliputi :

1. Pengumpulan data
2. Penentuan spesifikasi dermaga
3. Analisa dan perencanaan struktur
4. Penggambaran struktur
5. Penulisan laporan

3.2 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilaksanakan pada awal tahap perencanaan. Data yang perlu untuk dihimpun dalam proses perencanaan kami adalah data bathymetry, data struktur eksisting dermaga, data kapal eksisting, data tanah, data gelombang laut, data kecepatan angin dan data pasang surut.

3.3 Penentuan Spesifikasi Dermaga

Spesifikasi dermaga yang direncanakan meliputi :

1. Pembangunan dermaga baru dengan konstruksi beton deck on pile
2. Panjang platform dermaga : 19,5 meter
3. Lebar platform dermaga : 30 meter
4. Struktur fondasi menggunakan fondasi tiang pancang baja
5. Direncanakan dapat disandari kapal 10.000 DWT
6. Elevasi dermaga : $LWS + 4,64$ meter
7. Kedalaman dasar laut rencana : $LWS - 11,8$ meter

3.4 Analisa dan Perencanaan Struktur

Analisa dan perencanaan struktur yang dilakukan meliputi :

1. Syarat teknis perencanaan
Syarat teknis perencanaan meliputi data perencanaan, data bahan, jenis-jenis bahan, dan kombinasi beban
2. Perencanaan struktur
Langkah awal dalam perencanaan struktur yang dilakukan adalah perencanaan dimensi struktur. Di mana dalam perencanaan ini dimensi struktur yang dimuat meliputi perencanaan dimensi apron, tebal plat, dimensi balok memanjang, dimensi balok melintang, dimensi poer dan tiang pancang
3. Kontrol kelangsingan balok
Kontrol kelangsingan balok dihitung berdasarkan Peraturan Teknik Jembatan BMS (1992)
4. Pembebanan
Beban yang bekerja pada struktur meliputi beban horizontal dan beban vertikal serta kombinasi keduanya. Beban vertikal sendiri meliputi beban merata dan beban terpusat. Sedangkan beban horizontal terdiri dari beban benturan kapal (berthing force), beban tambatan kapal (mooring Force) dan beban gempa

Kombinasi pembebanan :

- a) Kondisi Operasi
 1. 1,4 DL
 2. 1,2 DL + 1,6 LL
- b) Kombinasi kapal sandar
 1. 1,2 DL + 1,6 LL + 1,2 BL
 2. 1,2 DL + 1,6 LL + 1,2 ML
- c) Kondisi gempa

1. $1,2 \text{ DL} + 0,9 \text{ LL} + 1 \text{ GX} + 0,3 \text{ GY}$
2. $1,2 \text{ DL} + 0,9 \text{ LL} - 1 \text{ GX} - 0,3 \text{ GY}$

Di mana :

DL = Deal Load (beban mati)
 LL = Live Load (beban hidup)
 ML = Mooring Load (beban tambat)
 BL = Berthing Load (beban benturan)
 GX = beban gempa yang bekerja pada arah X
 GY = beban gempa yang bekerja pada arah Y

5. Penentuan fender
 Fender adalah bantalan yang mereduksi gaya benturan antara kapal dan dermaga saat proses penambatan maupun saat bersandar. Perencanaan yang dilakukan meliputi perhitungan energi sandar kapal, jarak fender, pemilihan fender, elevasi fender dan gaya reaksi fender
6. Perencanaan boulder
 Boulder adalah alat yang berfungsi sebagai penahan kapal ketika kapal bertambat agar tetap dalam posisinya. Perencanaan boulder meliputi perhitungan gaya tambat kapal, perhitungan struktur boulder, dan perencanaan pemasangan boulder.
7. Analisa Struktur
 Analisa struktur dermaga menggunakan program SAP 2000 sehingga didapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga serta momen yang terjadi pada dermaga
8. Penulangan dan kontrol stabilitas
 Penulangan meliputi penulangan plat, balok memanjang, balok melintang, balok anak, dan oper. Untuk menjamin perilaku struktur yang memadai,

dilakukan kontrol stabilitas yang meliputi kontrol terhadap retak dan kedutan.

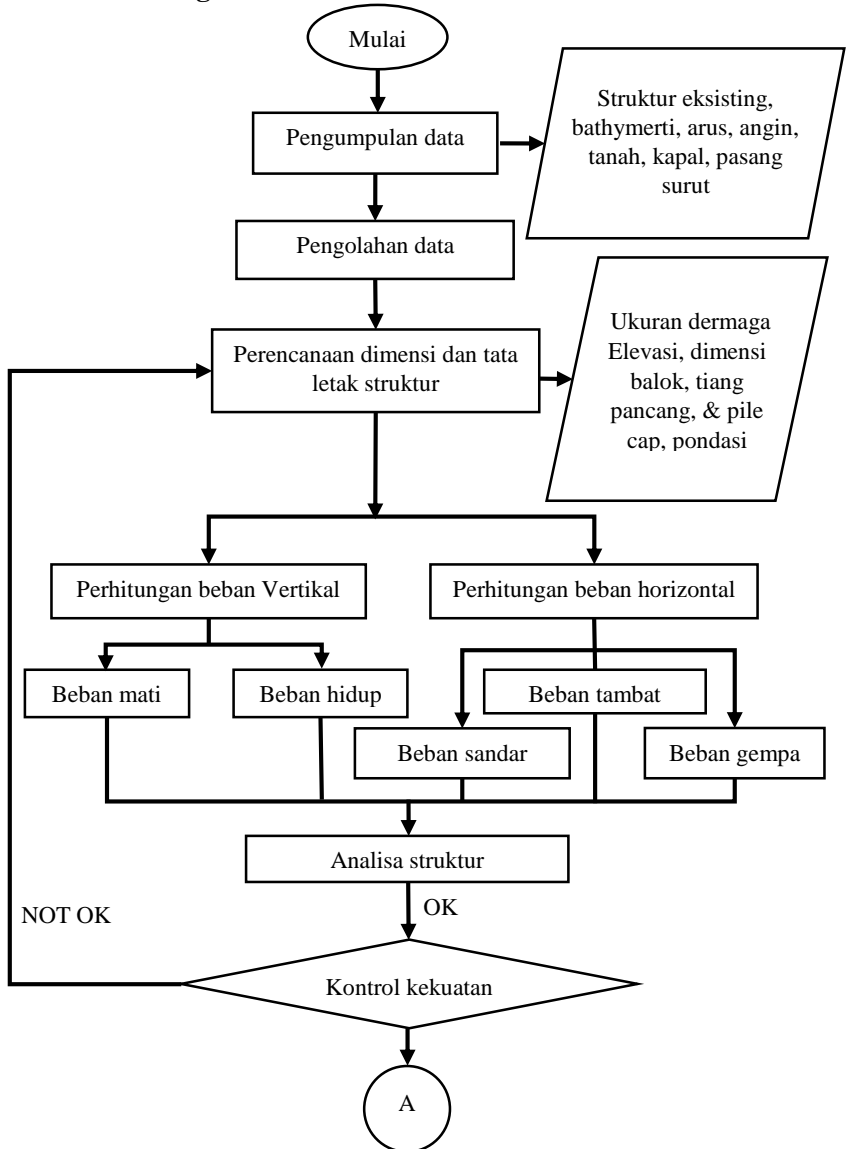
3.5 Penggambaran Struktur

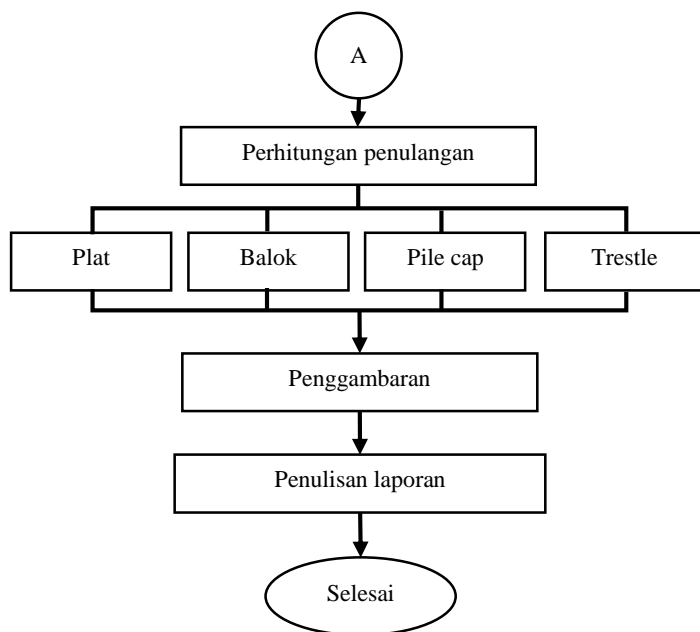
Setelah perhitungan struktur selesai, maka dilakukan penggambaran struktur menggunakan aplikasi AutoCAD.

3.6 Penulisan Laporan

Setelah keseluruhan proses perencanaan telah selesai dan struktur yang direncanakan telah memenuhi berbagai persyaratan yang ada, maka dilakukan suatu pembukuan atas keseluruhan proses yang dilaksanakan dengan tujuan untuk merapikan keseluruhan proses dan data dengan cara yang sistematis dan terperinci.

3.7 Flowchart Kegiatan





BAB IV

KRITERIA DESAIN

4.1 Peraturan yang Digunakan

Dalam perencanaan Struktur Dermaga ini, peraturan yang digunakan sebagai acuan sebagai berikut :

1. RSNI T-02 2005, Standar Pembebanan Untuk Jembatan
2. RSNI T-12-2004, Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan
3. RSNI 02 2388-2013, Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa
4. Bridgestones manual fender design
5. Standart Design Criteria for Port in Indonesia 1984
6. Perencanaan Beton Bertulang Indonesia 1971

4.2 Kriteria Kapal

Dermaga ini direncanakan untuk ditambahi kapal tanker dengan bobot maksimum 10.000 DWT dengan spesifikasi sesuai **Bridgestone Marine Fender Design Manual** adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Kriteria kapal rencana

Berat kapal maksimum	10.000 DWT
Panjang kapal (LOA)	140 meter
Lebar kapal	17.2 meter
Draft kapal	7.9 meter
Tinggi kapal	9.8 meter

Dengan Pertimbangan dari **table 5.1. Standart Design Criteria for Port in Indonesia 1984** halaman 10 dan **Marine Fender Design Manual dari Bridgestone**, mengenai kecepatan kapal saat bertambat. Maka kecepatan tambat kapal yang dipakai

dalam perencanaan adalah sebesar 0.2 m/s dalam keadaan standard.

4.3 Mutu Material Rencana

4.3.1 Mutu Beton

Mutu beton yang dipakai memiliki kuat tekan karakteristik (K) yaitu K350. Berikut Spesifikasi beton yang digunakan :

Tabel 4. 2 Spesifikasi mutu beton

Kuat tekan karakteristik (K)	K350	350 kg/cm²
F'_c	0.83*K/10	29.05 MPa
E beton	$4700 \cdot \sqrt{f'_c}$	25332.084 MPa
N	Es/Eb	7.89513
Angka poison		0.2

4.3.2 Mutu Baja Tulangan

Mutu baja tulangan yang direncanakan adalah sebagai berikut :

- Tulangan $\emptyset < 12$ mm
 - 1) f_y = 240 MPa
 - 2) E_a = 200000 MPa
 - 3) σ_a = 140 MPa
- Tulangan $D \geq 12$ mm
 - 1) f_y = 400 MPa
 - 2) E_a = 200000 MPa
 - 3) σ_a = 225 MPa

4.3.3 Tiang Pancang Pondasi

Pondasi Tiang yang digunakan adalah Steel Pipe Pile (Tiang Pancang Baja). Adapun spesifikasi untuk tiang pancang yang digunakan adalah sebagai berikut :

Mutu baja	= BJ 41
Teg. putus (f_u)	= 250 MPa
Teg.leleh (f_y)	= 410 MPa
Mod. Elastisitas (E)	= 200000 MPa
Nilai poisson (μ)	= 0,3
Koef. pemuaian (α)	= $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

4.4 Penetapan Tata Letak

4.4.1 Elevasi Dermaga

Berdasarkan **tabel 2.1**, penentuan elevasi dermaga dengan kedalaman air rencana 4,5 m atau lebih besar dan pasang surut lebih dari 3 m adalah 0,5 – 1,5 m diatas HWS. Sehingga elevasi dermaga adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi dermaga} &= \text{HWS} + (0,5 - 1,5 \text{ m}) \\
 &= 3,14 \text{ m} + 1,5 \text{ m} \\
 &= + 3,43 \text{ m LWS}
 \end{aligned}$$

4.4.2 Kebutuhan Ukuran Platform

Platform dermaga merupakan tempat yang berfungsi sebagai lokasi bongkar muat curah cair yang di distribusikan melalui dermaga Sangatta. Dengan mempertimbangkan ukuran pompa minyak, posisi monitoring house, serta tingkat mobilitas, maka direncanakan lebar platform adalah 30 m x 19,5 m.

4.4.3 Jarak Bentang Berthing Dolphin

Berdasarkan *Port Designer's Handbook Thoressen*, jarak antara berthing yang direncanakan untuk kapal dengan ukuran 10.000 DWT ditentukan dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 \text{As ke As} &= 0,3 \times \text{LOA} \\
 &= 0,3 \times 140 \text{ m} = 42 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga jarak minimal bentang berthing dolphin adalah 42 meter. Pada perencanaan yang dilakukan, jarak antar berthing

dibuat 50 meter, dengan penambahan berthing dengan jarak 20 meter.

4.4.4 Jarak Bentang Mooring Dolphin

Jarak antar mooring dolphin dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{As ke As} &= 1,35 \times \text{LOA} \\ &= 1,35 \times 140 \text{ m} = 189 \text{ meter} \end{aligned}$$

Direncanakan mooring dolphin berjumlah empat (4) dengan penempatan masing-masing dua (2) buah pada kedua sisi dermaga. Sehingga jarak antar mooring bagian dalam adalah 136 meter dan jarak mooring bagian luar adalah 206 meter.

4.4.5 Kebutuhan Ukuran Trestle

Panjang trestle ditentukan berdasarkan panjang jarak yang dibutuhkan untuk menghubungkan dermaga dan daratan. Sehingga panjang trestle yang dibutuhkan adalah 990 meter.

Perencanaan lebar trestle dipengaruhi oleh perencanaan penggunaan trestle yaitu lalu lintas kendaraan motor dan peletakan pipa minyak. Lebar lalu lintas di rencanakan 4 meter dan lebar peletakan pipa adalah 1,4 meter. Dengan menambahkan spasi sebesar 0,3 di kedua sisi pipa menjadikan total panjang trestle adalah 6 meter.

Rangkuman perhitungan layout disajikan dalam tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi perhitungan layout dermaga

Nama Layout		Dipakai
Elevasi		+ 3,43 meter
Platform	Panjang	30 meter
	Lebar	19,5 meter
Jarak berthing	B.Dalam	50 meter
	B.Luar	90 meter

Jarak mooring	M.Dalam	136 meter
	M.Luar	206 meter
Trestle	Panjang	990 meter
	Lebar	6 meter

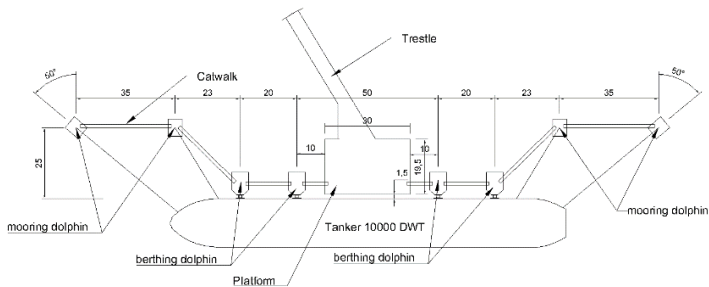
4.4.6 Panjang Bentang Catwalk

Panjang bentang catwalk disesuaikan dengan jarak antar struktur yang dihubungkan oleh catwalk. Dalam layout yang direncanakan, Catwalk berfungsi sebagai penghubung antara platform dan breasting dolphin, penghubung antar berthing dolphin, penghubung antara berthing dan mooring dolphin, serta penghubungan antar mooring dolphin. Adapun spesifikasi catwalk yang direncanakan akan disajikan pada **tabel 5.1** berikut.

Tabel 4. 4 Spesifikasi catwalk

No.	Fungsi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tiang pancang
1	Platform – Berthing	8	1,2	-
2	Berthing – Berthing	16	1,2	-
3	Berthing – Mooring	28	1,2	1
4	Mooring – Mooring	32	1,2	1

Hasil penentuan tata letak dermaga dapat dilihat pada **gambar 4.1** berikut.



Gambar 4. 1 Layout dermaga

4.5 Perhitungan Kebutuhan Fender

4.5.1 Menghitung Energi Fender

Perencanaan tipe fender didasarkan atas besarnya energi kapal yang menumbuk pada struktur dermaga dan berthing.

Dihitung dengan rumus :

$$E_f = W_s \cdot \frac{v}{2 \cdot g} \cdot C_m \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S \text{ [ton.m]}$$

Dimana :

DWT = 10.000 DWT

Loa = panjang kapal = 140 m

B = lebar kapal = 17,2 m

d = draft kapal = 9,8 m

Ws = Displacement tonnage = 13.333 ton

v = kecepatan tambat kapal = 0,2 m/s

ρ = massa jenis air laut = 1,025 t/m³

Lpp = 0,852 x Loa^{1,0201} = 132 m

Cb = koefisien blok kapal

$$= \frac{W}{L_{pp} \cdot B \cdot d \cdot \rho} = \frac{13,333 \text{ ton}}{140 \text{ m} \cdot 17,2 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m} \cdot 1,025 \text{ t/m}^3}$$

$$= 0,000586$$

$$\begin{aligned}
C_m &= \text{koefisien massa} \\
&= 1 + \frac{(\pi \cdot d)}{2 \cdot C_b \cdot B} = 1 + \frac{(\pi \cdot 9,8 \text{ m})}{2 \cdot 0,000586 \cdot 17,2 \text{ m}} \\
&= 1525,048 \\
l &= \frac{1}{4} L_oa = 35 \text{ m} \\
r &= \text{diambil } 0,25 L_oa = 35 \text{ m} \\
C_E &= \text{koefisien eksentrisitas} = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} = 0,5 \\
C_C &= \text{Kefosoen bentuk} = 1 \text{ (untuk jetty)} \\
C_S &= \text{Koefisien kekerasan} = 1 \text{ (untuk kapal baja)}
\end{aligned}$$

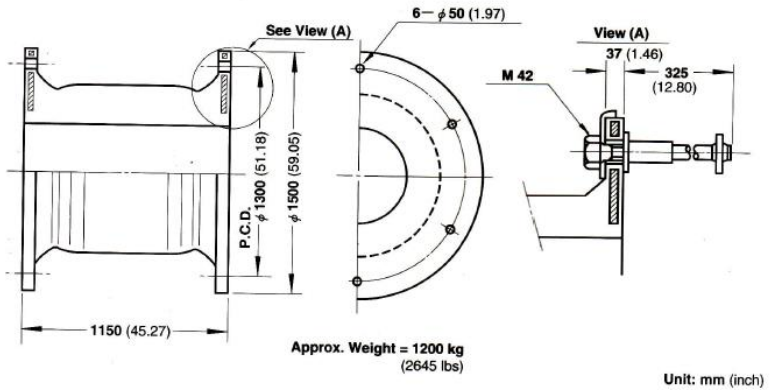
Sehingga :

$$E_f = 13,333 \cdot \frac{0,2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1528,048 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1 = 20,8 \text{ tm}$$

4.5.2 Perencanaan Tipe Fender

Dari perhitungan pada subbab 4.7.1 didapat energi fender (E_f) = 20,8 ton.m. sehingga direncanakan fender yang digunakan adalah fender SUC1150A dengan nilai $E = 23,8$ ton.m serta spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Energi fender} &= 23,8 \text{ ton.m} \\
E > E_{f\text{maks}} &= \text{OK} \\
\text{Reaksi} &= 47,1 \text{ ton} \\
\text{Berat fender} &= 0,895 \text{ ton/m} \\
\text{Panjang fender} &= 1,15 \text{ m} \\
\text{Defleksi} &= 52,5 \%
\end{aligned}$$



Gambar 4. 2 Spesifikasi fender SUC1150H

Beban tumbukan kapal diambil sebesar P reaksi dari fender dan beban geser kapal ke struktur sebesar 10% dari P fender.

Pada fender SUC perlu dipasang panel / frontal pad untuk mengamankan badan kapal ketika menumbuk fender dikarenakan luas bidang sentuh fender SCN yang relatif kecil sehingga dikhawatirkan kan merobek badan kapal. Dimensi untuk frontal pad direncanakan dengan rumus :

$$P = \frac{R}{W \cdot H} < P_p$$

Di mana :

- P = tekanan kontak badan kapal
- R = reaksi fender
- W = lebar panel
- H = Tinggi panel
- P_p = tekanan kontak izin (tabel 4.5)

Direncanakan :

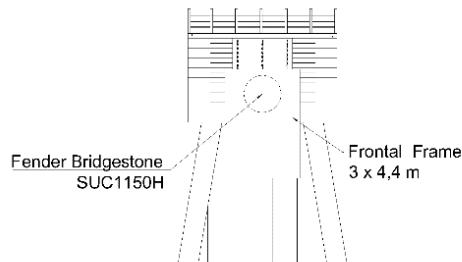
- W = 3 m
- H = 4,4 m

Maka :

$$P = \frac{471 \text{ Kn}}{3 \text{ m} \cdot 4,4 \text{ m}} = 35,68 \text{ Kn/m}^2 < 250 \text{ Kn/m}^2 \rightarrow \text{OK}$$

Tabel 4. 5 Tegangan kontak izin kapal (sumber : fentek catalogue)

ULCC & VLCC	150~250 kN/m ²
Tankers	250~350 kN/m ²
Product & Chemical Tankers	300~400 kN/m ²
Bulk Carriers	150~250 kN/m ²
Post-Panamax Container Ships	200~300 kN/m ²
Panamax Container Ships	300~400 kN/m ²
Sub-Panamax Container Ships	400~500 kN/m ²
General Cargo (un-belted)	300~600 kN/m ²
Gas Carriers	100~200 kN/m ²



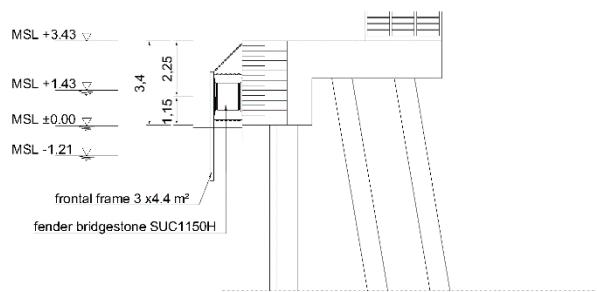
Gambar 4. 3 Frontal fender

4.5.3 Pemasangan Fender

Pemasangan fender ditinjau dari arah vertikal dan horizontal.

4.5.3.1 Pemasangan Fender Arah Vertikal

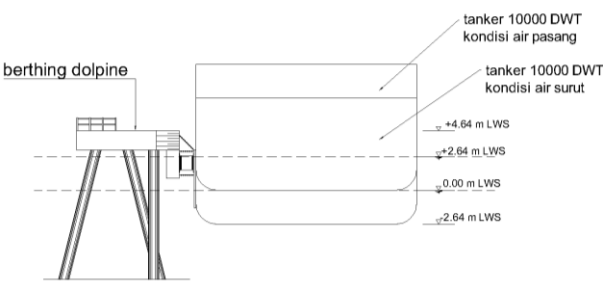
As fender dipasang sejarak 2,25 meter dari elevasi dermaga dan sejarak 1,15 m dari LWS. Gambar 4.2 menunjukkan pemasangan fender arah vertical.



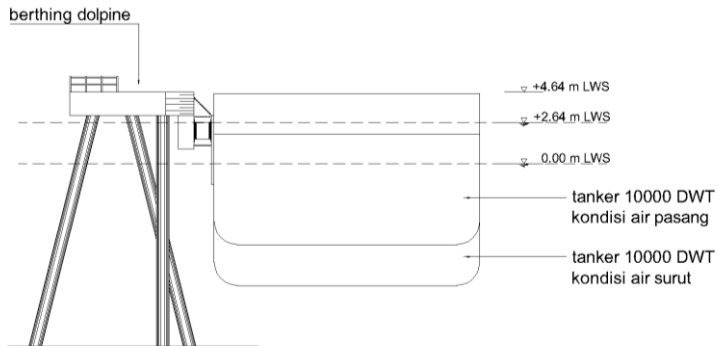
Gambar 4. 4 Pemasangan fender arah vertikal

4.5.3.2 Pemasangan Fender Arah Horizontal

Pemasangan fender arah horizontal di rancang berdasarkan kondisi posisi kapal pada saat merapat ke dermaga dalam keadaan kapal kosong dan penuh seperti pada **gambar 4.5** dan **gambar 4.6** berikut.



Gambar 4. 5 Posisi kapal pada fender kondisi kapal kosong



Gambar 4. 6 Posisi kapal pada saat air laut surut

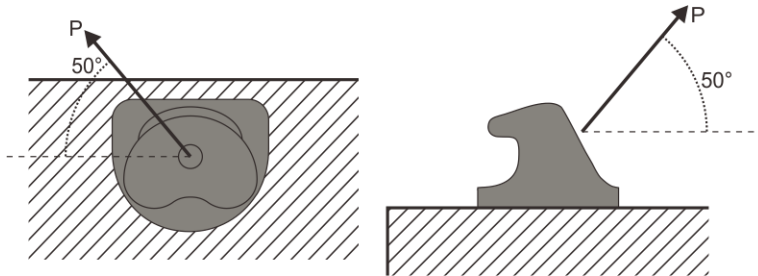
4.6 Perhitungan Kebutuhan Bollard

4.6.1 Pembebanan Bollard

Beban tarikan bollard disebabkan oleh gaya tarik kapal karena bobot kapal atau karena angin atau arus. Gaya terbesar akan diambil sebagai gaya horizontal dermaga dan juga digunakan dalam perencanaan bollard.

4.6.1.1 Beban Tarikan Kapal

Besar tarikan kapal direfleksikan terhadap sumbu horisontal dan vertikal seperti pada gambar 4.5 berikut. Untuk perhitungannya gaya kritis, diambil angka perumpamaan sudut tali adalah 50° .



Gambar 4. 7 Permodelan sumbu tarikan kapal

Nilai besar tarikan kapal dihitung berdasarkan ukuran kapal seperti yang tertera pada tabel 4.5 berikut.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ GT} &= 1,75 \text{ DWT (untuk kapal curah)} \\
 10.000 \text{ DWT} &= 5.714 \text{ GT}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 6 Besar beban tarikan kapal

Gross tonnage of vessel (ton)	Tractive force on bollard (ton)
200 - 500	10
501 - 1000	15
1001 - 2000	15
2001 - 3000	25
3001 - 5000	25
5001 - 10000	35
10001 - 15000	50
15001 - 20000	50
20001 - 100000	70

Berdasarkan tabel 4.5 di atas, di dapatkan bahwa gaya tarik pada bollard untuk kapal berkapasitas 10.000 DWT adalah 35 ton. Dengan perumpamaan sudut 50° sebagai α dan β , maka besarnya komponen gaya yang terjadi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V &= P.\sin\alpha = 35.\sin 50^\circ = 26,81 \text{ ton} \\
 H &= P.\cos\alpha = 35.\cos 50^\circ = 22,50 \text{ ton} \\
 T &= H.\cos\beta = 26,81.\cos 50^\circ = 14,46 \text{ ton} \\
 N &= H.\sin\beta = 26,81.\sin 50^\circ = 17,23 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Di mana :

- Nilai V digunakan untuk menghitung agar bollard tidak sampai tecabut
- Nilai T digunakan untuk menghitung besar momen yang bekerja
- Nilai N dan H digunakan untuk menghitung besar tarikan pada bollard

Nilai P yang didapatkan dari tabel harus dibandingkan dengan gaya tarik kapal akibat tekanan arus dan angin.

4.6.1.2 Gaya Tarik Akibat Arus

Penentuan besar gaya tarik akibat arus dihitung dengan persamaan berikut :

$$P_c = C_c \cdot \gamma_c \cdot A_c \cdot \frac{V_c^2}{2g}$$

Di mana :

- P_c = tekanan arus pada kapal (ton)
- γ_c = berat jenis air laut = $1,025 \text{ t/m}^3$
- A_c = Luas kapal di bawah muka air (m^2), dihitung pada empat kondisi, kapal penuh dan kapal kosong dengan masing-masing ditinjau sisi depan dan samping kapal
- V_c = Kecepatan arus = $0,25 \text{ m/s}$ (kondisi ekstrim)
- C_c = koefisien tekanan arus
 - = $1,5$ (arah arus tegak lurus kapal)
 - = $0,6$ (arah arus sejajar kapal)
- g = $9,81 \text{ m/s}^2$

Kondisi Kapal Penuh bagian Samping

$$\begin{aligned}
 A_c &= L_oa \times D = 140 \text{ m} \cdot 7,9 \text{ m} = 1106 \text{ m}^2 \\
 P_c &= 1,5 \cdot 1,025 \text{ kg/m}^3 \cdot 1106 \text{ m}^2 \cdot \frac{0,25 \text{ m/s}}{2,9,81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 5422,43 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kondisi Kapal Kosong bagian Samping

$$\begin{aligned}
 A_c &= L_oa \times D = 140 \text{ m} \cdot 7,9 \text{ m} / 3 = 368,67 \text{ m}^2 \\
 P_c &= 1,5 \cdot 1,025 \text{ kg/m}^3 \cdot 368,67 \text{ m}^2 \cdot \frac{0,25 \text{ m/s}}{2,9,81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 1807,48 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kondisi Kapal Penuh bagian Muka

$$\begin{aligned}
 A_c &= B \times D = 17,2 \text{ m} \cdot 7,9 \text{ m} = 135,88 \text{ m}^2 \\
 P_c &= 0,6 \cdot 1,025 \text{ kg/m}^3 \cdot 135,88 \text{ m}^2 \cdot \frac{0,25 \text{ m/s}}{2,9,81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 266,47 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kondisi Kapal Kosong bagian Muka

$$\begin{aligned}
 A_c &= B \times D = 17,2 \text{ m} \cdot 7,9 \text{ m} / 3 = 45,29 \text{ m}^2 \\
 P_c &= 0,6 \cdot 1,025 \text{ kg/m}^3 \cdot 45,29 \text{ m}^2 \cdot \frac{0,25 \text{ m/s}}{2,9,81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 88,83 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui kapasitas bollard yang dibutuhkan, maka beban arus yang terjadi harus dibagi dengan jumlah bollard yang menahan gaya tersebut. Adapun perhitungan kebutuhan bollard minimum akan disajikan dalam **tabel 4.7** berikut.

Tabel 4. 7 Kebutuhan bollard minimum akibat arus

Gaya arus	Pc (kg)	Jumlah bollard	Pc tiap bollard (kg)
Kapal penuh bagian samping	5422,43	4	1355,61
Kapal kosong bagian samping	1807,48	4	451,87
Kapal penuh bagian muka	266,47	2	66,62
Kapal kosong bagian muka	88,83	2	22,21

Sehingga diperoleh kapasitas bollard minimal adalah 1355,61 kg atau 1,356 ton

4.6.1.3 Gaya Tarik Akibat Angin

Perhitungan gaya tarik akibat angin ditentukan dengan rumus berikut :

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_w \cdot V_w^2 \cdot (A_w \cdot \cos^2 \theta + B_w^2 \cdot \sin^2 \theta)$$

Di mana :

P_w = tekanan angin pada kapal yang betambat

C_w = koef. Tekanan angin = 1,135

A_w = luasan muka kapal di atas air = $(H-D) \cdot B$

= $(9,8 - 7,9) \cdot 17,2 = 32,68 \text{ m}^2$ (kapal penuh)

= $(9,8 - 7,9/3) \cdot 17,2 = 123,3 \text{ m}^2$ (kapal kosong)

B_w = luasan badan kapal di atas air = $(H-D) \cdot L_{oa}$

= $(9,8 - 7,9) \cdot 140 = 266 \text{ m}^2$ (kapal penuh)

= $(9,8 - 7,9/3) \cdot 140 = 1003,3 \text{ m}^2$ (kapal kosong)

θ = sudut arah datang angin terhadap sumbu memanjang kapal

$$\begin{aligned}
 V_w &= \text{kecepatan angin} \\
 &= 15,56 \text{ m/s (kondisi normal)} \\
 &= 30 \text{ m/s (kondisi badai)} \\
 \rho &= \text{kepadatan udara} = 0,123 \text{ kg.sec}^2/\text{m}^4
 \end{aligned}$$

Sehingga P_w dihitung dengan hasil seperti yang ditampilkan pada **tabel 4.8** berikut.

Tabel 4. 8 Perhitungan gaya angin

Gaya angin		P_w (kg)	Jumlah bollard	P_c tiap bollard (kg)
Angin normal	Kapal penuh bagian samping	5148,96	2	2574,48
	Kapal kosong bagian samping	19421,5	2	9710,75
	Kapal penuh bagian muka	632,59	2	316,293
	Kapal kosong bagian muka	2386,07	2	1193,04
Angin badai	Kapal penuh bagian samping	19140	2	9570
	Kapal kosong bagian samping	72194,9	2	36097,4
	Kapal penuh bagian muka	2351,49	2	1175,8
	Kapal kosong bagian muka	8869,65	2	4434,83

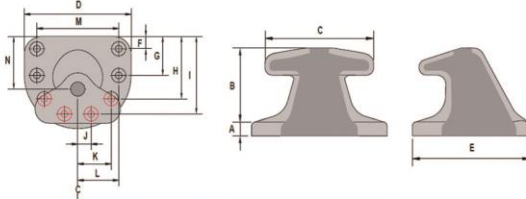
Sehingga diketahui beban tarikan akibat angin yang ditanggung oleh tiap bollard minimal adalah 36097,4 kg atau 36,097 ton.

4.6.2 Penentuan Tipe Bollard

Berdasarkan perhitungan gaya tarik kapal yang telah dilakukan, diketahui keperluan minimal tiap bollard yang diperlukan adalah :

- Gaya tarikan kapal = 35 ton
- Gaya arus = 1,356 ton
- Gaya angin = 36,097 ton

Gaya terbesar yang merupakan gaya angin sebesar 36,097 ton akan digunakan sebagai perencanaan bollard. Dengan mengacu pada **catalog Maritime International Mooring Bollard**, direncanakan penggunaan bollard tipe MT50 berkapasitas 50 ton dengan spesifikasi sesuai **gambar 4.7** berikut.



	Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)									
Metric Dimensions (mm)	MT 10	MT 15	MT 20	MT 30	MT 50	MT 75	MT 100	MT 125	MT 150	MT 200
A	47	52	54	57	70	80	80	87	93	97
B	199	219	240	250	308	354	413	458	492	521
C	305	335	351	366	451	518	610	671	719	762
D	381	419	438	457	564	648	762	838	899	952
E	330	363	380	396	489	561	660	726	779	826
F	44	49	51	53	66	76	89	98	105	111
G	-	-	-	-	-	-	305	335	360	349
H	-	-	232	242	298	298	496	546	586	559
I	243	267	329	343	423	463	572	629	674	694
J	103	114	0	0	0	105	0	0	0	119
K	-	-	152	159	196	241	195	215	231	299
L	-	-	-	-	-	-	291	320	343	365
M	292	321	336	351	432	497	584	643	689	730
N	189	208	217	226	279	321	377	415	445	472
Bolt Size	M24	M24	M24	M30	M36	M42	M42	M48	M48	M56
Bolt Length	450	450	450	450	600	600	600	750	750	915
Bolt Qty	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8

Gambar 4. 8 Spesifikasi bollard

Dikarenakan jarak antara platform dan mooring dolphin yang cukup jauh, maka diperlukan bollard tambahan pada area berthing dolphin dengan tujuan sebagai tempat pengikat tali sementara sebelum pengikatan tetap pada mooring dolphin dilakukan. sehingga direncanakan dipasang bollard dengan kapasitas 20 ton (MT20) pada tiap berthing dolphin.

4.6.3 Pemasangan Bollard

Direncanakan :

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal plat bollard} &= 5 \text{ cm} \\
 A &= 7 \text{ cm} \\
 B &= 30,8 \text{ cm} \\
 h &= (A+B)/2 = 18,9 \text{ cm} \\
 I &= 42,3 \text{ cm} \\
 F &= 6,6 \text{ cm} \\
 a &= I - F = 35,7 \text{ cm} \\
 Db &= \text{diameter baut} = 3,6 \text{ cm} \\
 nb &= \text{jumlah baut} = 5 \text{ buah} \\
 \sigma_d &= \text{teg.dasar baja (BJ52)} = 2400 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga tegangan izin baut yang disyaratkan menurut **pasal 8.2.1 PBI** adalah sebagai berikut :

- Tegangan geser izin :

$$\tau_{izin} = 0,6 \cdot \sigma_d$$

$$= 0,6 \cdot 2400 = 1440 \text{ kg/cm}^2$$
- Tegangan tarik izin :

$$\sigma_{ta} = 0,7 \cdot \sigma_d$$

$$= 0,7 \cdot 2400 = 1680 \text{ kg/cm}^2$$
- Tegangan tumpu izin :

$$\sigma_{tu} = 1,5 \cdot \sigma_d$$

$$= 1,5 \cdot 2400 = 3600 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kekuatan baut

Gaya tarik terbesar yang terjadi (T) adalah sebesar 36,097 ton. Sehingga :

$$\begin{aligned} T' &= T \cdot \sin \theta^\circ \\ &= 36,097 \cdot \sin 50^\circ = 27,65 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T'' &= T \cdot \cos \theta^\circ \\ &= 36,097 \cos 50^\circ = 23,2027 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan baut akibat gaya horizontal :

Gaya T'' akan ditanggung oleh 5 baut

$$\begin{aligned} R_h &= T'' / n_b \\ &= 23,2027 / 5 = 4,64 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Sehingga momen horizontal yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} M &= R_h \cdot h \\ &= 0,877 \cdot 18,9 = 0,877 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan baut akibat gaya vertikal :

$$\begin{aligned} R_{v1} &= T' / n_b \\ &= 27,65 / 5 = 5,53 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{v2} &= M / 2a \\ &= 0,877 / (2 \cdot 35,7) = 1,23 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_v &= R_{v1} + R_{v2} \\ &= 5,53 + 1,23 = 6,76 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Pengecekan tegangan tarik izin :

$$\begin{aligned} \sigma_v &= R_v / A_b \\ &= 6,76 / \frac{1}{4} \pi 3,6^2 = 664,0062 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_v < \sigma_{ta} \quad \rightarrow \text{OK}$$

Pengecekan tegangan geser izin :

$$\begin{aligned} \tau &= R_h / A_b \\ &= 4,64 / \frac{1}{4} \pi 3,6^2 = 455,9 \text{ kg/cm}^2 \\ \tau &< \tau_{izin} \quad \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Pengecekan tegangan tumpu izin :

$$\begin{aligned} \sigma_i &= \sqrt{\sigma_v^2 + 3\tau^2} \\ &= \sqrt{664^2 + 3 \cdot (455,9)^2} = 805,452 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_i &< \sigma_{tu} \quad \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Penjangkaran bollard

$$\begin{aligned} L_{\text{ank}} &= \text{panjang angker} = 75 \text{ cm} \\ D_{\text{ank}} &= \text{diameter angker} = 3,6 \text{ cm} \\ f_c' &= \text{mutu beton} = 30 \text{ MPa} \\ \sigma_i &= \text{mutu baja BJ52} = 324 \text{ MPa} \\ \sigma'b &= \text{teg.izin beton} = 0,48\sqrt{\sigma'b} \\ &= 0,48\sqrt{300} \\ &= 8,3138 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan tarik 1 baut adalah :

$$\begin{aligned} T_b &= \text{keliling baut} \cdot L_{\text{ank}} \cdot \sigma'b \\ &= \pi(3,6) \cdot 75 \cdot 8,3138 \\ &= 7,05 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$T_b > R \text{ terjadi} \quad \rightarrow \text{OK}$$

4.7 Pembebanan

4.7.1 Pembebanan pada Catwalk

- a. Beban mati merata merata

- Beban plat lantai baja
 - Berat profil WF sebagai balok memanjang dan melintang
- b. Beban hidup merata
- Beban air hujan $t = 5 \text{ cm}$; $q = 0,05 \text{ ton} \times 1 \text{ t/m}^1 = 0,05 \text{ t/m}^2$
- c. Beban hidup terpusat
- Beban pejalan kaki = 0,2 ton

4.7.2 Pembebanan pada Platform

4.7.2.1 Beban Vertikal

- a. Beban Mati Merata
- Beban sendiri lantai beton = $2,5 \text{ t/m}^3$ (sumber : *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan 1991*)
- b. Beban Hidup Merata
- Beban air hujan $t = 5 \text{ cm}$; $q = 0,05 \times 1 \text{ t/m}^1 = 0,05 \text{ t/m}^2$
- c. Beban Mati Terpusat
- Beban *Marine Loading Arm*
Marine loading arm adalah prasarana dermaga yang berfungsi sebagai pemompa minyak dari/ke vessel dan pipa yang diteruskan menuju storage. MLA yang digunakan bertipe B0030 dengan spesifikasi seperti pada **table 4.8** berikut.

Tabel 4. 9 Spesifikasi Marine Loading Arm (sumber : Emcowheaton catalogue)

TYPICAL DIMENSIONS, WEIGHTS AND OVERTURNING MOMENTS (without emergency release system)									
Arm Size	Riser Height	X	C	D	N	S	Flow Rate	Weight	Moment
	ft	ft	ft	ft	ft	ft	gal/min	lbs	Lb ft
4"	15	4	26	26	2	12	1,320	13,900	77,000
6"	15	4	26	26	2	12	2,640	14,200	78,500
8"	15	4	29.5	29.5	2.4	12	4,850	19,500	108,000
10"	20	6	33	33	3	17	7,500	26,700	172,000
12"	23	6	36	36	3.4	20	11,000	35,200	254,500
16"	23	6	36	36	4.3	20	17,500	50,000	375,000

- *Beban Monitoring House*

- Berat dinding galvalum 1,2
 $= 10,3 \text{ kg/m}^2 \times 2,5\text{m} \times (2 \times (4\text{m} + 5\text{m}))$
 $= 533,25 \text{ kg}$
- Berat rangka baja L 65.65.11
 $= (10,3 \text{ kg/m}^2 \times ((2,5\text{m} \times 4) + (6\text{m} \times 2) + (5\text{m} \times 2))) = 329,6 \text{ kg}$
- Berat atap asbes 5 mm
 $= 11 \text{ kg/m}^2 \times 5 \times 6 = 330 \text{ kg}$
- Total beban = 1192,85 kg

Total beban perkolom = 298,2125 kg

- Beban Pipa D 600 mm x 2 buah = 187,07 kg.m x 2 = 374,14 kg.m
 - Beban dudukan pipa pada platform 0,2 m x 0,6 x 1,4 m = 403 kg
 - Beban komponen pengikat dan penyangga = 150 kg
 - Beban curah cair = $(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D_{\text{pipa}} - \text{tebal pipa}) \cdot \text{panjang segmen} \cdot \text{berat curah cair}) \times 2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,5846 \cdot 6 \cdot 900) \times 2 = 2898,887 \text{ kg}$
- d. Beban Hidup Terpusat
- Beban operasional P = 500 kg

4.7.2.2 Beban Horizontal

- Beban gempa

Beban gempa yang bekerja pada struktur dermaga dihitung secara dinamis dengan menggunakan respon spektrum sesuai **SNI 2833-2013**.

Kelas situs

Penentuan Kelas situs ditentukan untuk lapisan setebal 30 m sesuai dengan yang didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium. Berikut disajikan data tanah proyek pembangunan dermaga Sangatta.

Tabel 4. 10 Data tanah pelabuhan Sangatta

Depth (m)	Th	N	N (Th/N)	ΣN	N (30/ ΣN)
0	0	0,00	0,00	4,99	6,02
-1	1	15,00	0,06667		
-2	1	27,00	0,03704		
-3	1	10,00	0,1		
-4	1	10,00	0,1		
-5	1	9,00	0,11111		
-6	1	9,00	0,11111		
-7	1	1,00	1		
-8	1	1,00	1		
-9	1	1,00	1		
-10	1	19,00	0,05263		
-11	1	12,00	0,08333		

-12	1	12,00	0,08333
-13	1	12,00	0,08333
-14	1	13,00	0,07692
-15	1	13,00	0,07692
-16	1	14,00	0,07143
-17	1	11,00	0,09091
-18	1	11,00	0,09091
-19	1	11,00	0,09091
-20	1	12,00	0,08333
-21	1	12,00	0,08333
-22	1	13,00	0,07692
-23	1	12,00	0,08333
-24	1	12,00	0,08333
-25	1	12,00	0,08333
-26	1	19,00	0,05263
-27	1	19,00	0,05263
-28	1	50,00	0,02
-29	1	50,00	0,02
-30	1	50,00	0,02

Dari hasil perhitungan diatas, diperoleh nilai N SPT rata-rata $N < 15$. Berdasarkan **tabel 2 SNI 2833-2013**, disimpulkan bahwa tanah termasuk dalam kelas situs tanah lunak.

Tabel 4. 11 Kelas Situs Tanah

Kelas Situs	\bar{V}_s (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa			
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3 m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

Faktor situs dan parameter gempa lainnya

- PGA (percepatan puncak batuan dasar) = 0,1
- S_s (parameter respon spectra percepatan gempa untuk periode pendek $T = 0,2$ detik = 0,25
- S_1 (parameter respon spectra percepatan gempa untuk periode 1 detik = 0,1
- F_a (faktor amplikasi periode pendek) = 2,5 (tabel 3 SNI 2833-2013)
- F_{PGA} (faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode nol detik) = 2,5 (tabel 3 SNI 2833-2013)
- F_v (faktor amplikasi untuk periode 1 detik) = 3,5 (tabel 4 SNI 2833-2013)
- S_{DS} (nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek 0,2 detik) :

- $S_{DS} = F_a \times S_S = 2,5 \times 0,25 = 0,625$
 h) S_{D1} (nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek 1 detik) :
 $S_{D1} = F_V \times S_1 = 3,5 \times 0,1 = 0,35$
 i) Zona gempa = 3; $S_{D1} = 0,35$

Tabel 4. 12 Klasifikasi zona gempa

Koefisien percepatan (S_{D1})	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

- j) $A_S = F_{PGA} \times PGA = 2,5 \times 0,1 = 0,25$
 k) I (importance factor) = 1 (**Standard Design Criteria for Port in Indonesia 1984, tabel 5.5**)
 l) R (faktor modifikasi respon) = 1 (pasal 5.9.3.2 SNI 2833-2013)
 m) Scale factor : $I/R \times g = 1/1 \times 9,8 = 9,8$

Koefisien Respon Gempa Elastik

$$\begin{aligned}
 T_s &= S_{D1}/S_{DS} = 0,35/0,625 = 0,56 \\
 T_0 &= 0,2 \times T_s = 0,2 \times 0,56 = 0,112
 \end{aligned}$$

Untuk $T < T_0$, respon spektrum percepatan desain :

$$\begin{aligned}
 C_{SM} &= (S_{DS} - A_S) T/T_0 + A_S \\
 &= (0,625 - 0,25) 0/0,044 + 0,25 \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$

Untuk $T \geq T_0$ dan $< T_S$, respon spektrum percepatan desain :

$$C_{SM} = S_{DS} = 0,625$$

Untuk $T > T_S$, respon spektrum percepatan desain :

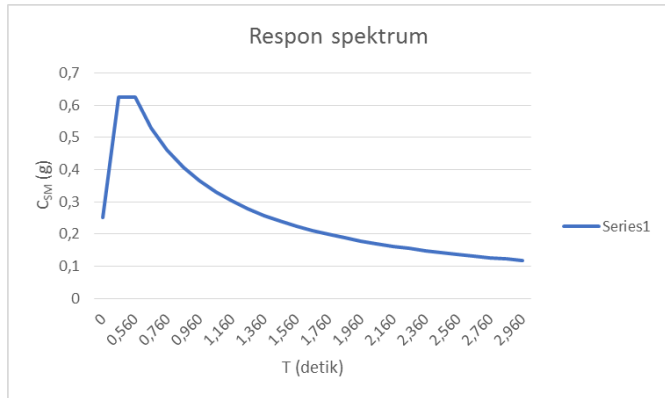
$$C_{SM} = S_{D1} / T$$

Adapun respon spektrum untuk gempa wilayah 3 dengan tipe tanah sedang dapat dilihat pada **tabel 4.12** berikut

Tabel 4. 13 Perhitungan Csm Respon Spektrum

T	T (detik)	C_{SM} (g)
$T < T_0$	0	0,25
$T < t_s$	0,112	0,625
$T_s + 0,1$	0,560	0,625
$T_s + 0,1$	0,660	0,530
$T_s + 0,1$	0,760	0,461
$T_s + 0,1$	0,860	0,407
$T_s + 0,1$	0,960	0,365
$T_s + 0,1$	1,060	0,330
$T_s + 0,1$	1,160	0,302

Ts + 0,1	1,260	0,278
Ts + 0,1	1,360	0,257
Ts + 0,1	1,460	0,240
Ts + 0,1	1,560	0,224
Ts + 0,1	1,660	0,211
Ts + 0,1	1,760	0,199
Ts + 0,1	1,860	0,188
Ts + 0,1	1,960	0,179
Ts + 0,1	2,060	0,170
Ts + 0,1	2,160	0,162
Ts + 0,1	2,260	0,155
Ts + 0,1	2,360	0,148
Ts + 0,1	2,460	0,142
Ts + 0,1	2,560	0,137
Ts + 0,1	2,660	0,132
Ts + 0,1	2,760	0,127
Ts + 0,1	2,860	0,122
Ts + 0,1	2,960	0,118



Gambar 4. 9 Grafik Respon Spektrum

4.7.3 Pembebanan pada Mooring Dolphin

4.7.3.1 Beban Vertikal

- a. Beban Mati Merata
 - Beban sendiri rantai beton = $2,5 \text{ t/m}^3$ (sumber : *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan 1991*)
- b. Beban Hidup Merata
 - Beban air hujan $t = 5 \text{ cm}$; $q = 0,05 \times 1 \text{ t/m}^1 = 0,05 \text{ t/m}^2$
- c. Beban Mati Terpusat
 - Beban sendiri bollard

4.7.3.2 Beban Horizontal

- Beban gempa
Perhitungan gempa pada mooring dolphin dihitung secara dinamis pada respon spektrum SAP 2000 seperti pada platform
- Beban tarikan kapal
Beban tarikan kapal pada bollard diambil dari beban tarikan yang terjadi pada saat kapal

bertambat dengan di bandingkan dengan beban arus dan angin seperti yang telah di bahas pada subbab 4.7

4.7.4 Pembebanan pada Berthing Dolphin

4.7.4.1 Beban Vertikal

- a. Beban Mati Merata
 - Beban sendiri lantai beton = $2,5 \text{ t/m}^3$ (sumber : *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan 1991*)
- b. Beban Hidup Merata
 - Beban air hujan $t = 5 \text{ cm}$; $q = 0,05 \times 1 \text{ t/m}^1 = 0,05 \text{ t/m}^2$
- c. Beban Mati Terpusat
 - Beban sendiri fender
 - Beban bollard 20 ton

4.7.4.2 Beban Horizontal

- Beban gempa
Perhitungan gempa pada mooring dolphin dihitung secara dinamis pada respon spektrum SAP 2000 seperti pada platform
- Beban reaksi fender
Beban reaksi fender dihitung berdasarkan besar energi kapal yang terjadi. Adapun perhtungan energi fender telah dibahas pada subbab 4.5.1

4.7.5 Pembebanan pada Trestle

4.7.5.1 Beban Vertikal

- a. Beban Mati Merata
 - Beban sendiri lantai beton = $2,5 \text{ t/m}^3$ (sumber : *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan 1991*)

b. Beban Hidup Merata

- Beban air hujan $t = 5 \text{ cm}$; $q = 0,05 \times 1 \text{ t/m} = 0,05 \text{ t/m}^2$
- Beban angin
Kecepatan angin (V_w) : 35 m/s
Koefisien (C_w) : $1,42$
 $T_{ew} = 0,0012 \cdot C_w \cdot V_w^2$
 $= 0,0012 \cdot 1,42 \cdot 35^2 \cdot 100$
 $= 176,4 \text{ kg/m}$
 $P_{ew} = (h/2)/1,75 \cdot T_{ew}$
 $= (1/1)/1,75 \cdot 176,4$
 $= 100,8 \text{ kg/m}$

c. Beban Mati Terpusat

- Beban pipa $D 600 \text{ mm} \times 2 \text{ buah} = 187,07 \text{ kg.m} \times 2 = 374,14 \text{ kg.m}$
- Beban dudukan pipa pada trestle $0,2 \text{ m} \times 0,6 \times 1,4 \text{ m} = 403 \text{ kg}$
- Beban komponen pengikat dan penyangga = 150 kg
- Beban curah cair = $(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D_{\text{pipa-tebal}} \cdot \text{panjang segmen} \cdot \text{berat curah cair}) \times 2$
 $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,5846 \cdot 6 \cdot 900) \times 2 = 2898,887 \text{ kg}$
- Beban pagar pengaman = $(\text{berat pagar} + \text{berat pipa pagar}) / \text{jarak antar tiang} = (72 + 7,13)/2 = 86,26 \text{ kg}$

d. Beban hidup terpusat

- Beban operasional $P = 500 \text{ kg}$

4.7.5.2 Beban Horizontal

- Beban gempa

Perhitungan gempa pada mooring dolphin
dihitung secara dinamis pada respon spektrum
SAP 2000 seperti pada platform

BAB V

ANALISA STRUKTUR

5.1 Gambaran Umum

Perencanaan struktur dalam tugas akhir ini meliputi perencanaan catwalk, mooring, breasting, platform dan trestle. Adapun proses analisis dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 dengan input beban yang telah di perhitungkan pada bab IV.

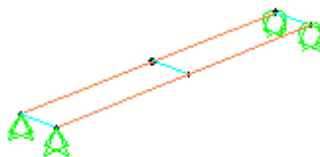
5.2 Perencanaan Struktur Catwalk

5.2.1 Permodelan Catwalk

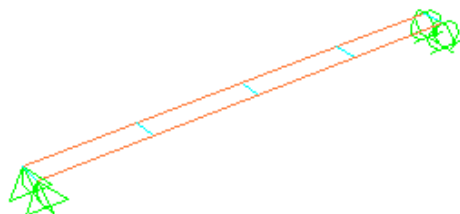
Besar pembebanan pada catwalk telah dianalisa pada subbab 4.8.1 dengan rincian :

- Beban plat lantai baja
- Berat profil baja
- Beban pejalan kaki
- Beban pagar

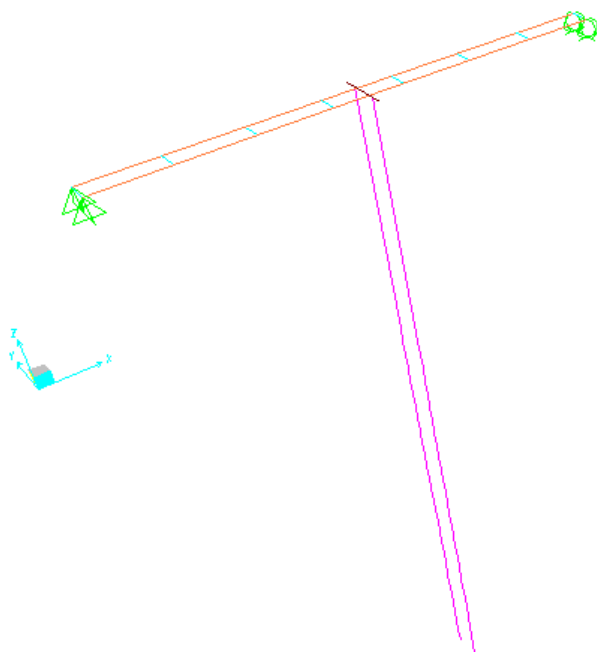
Catwalk kemudian dimodelkan dengan program SAP2000 seperti yang ditampilkan pada gambar 5.1 berikut.



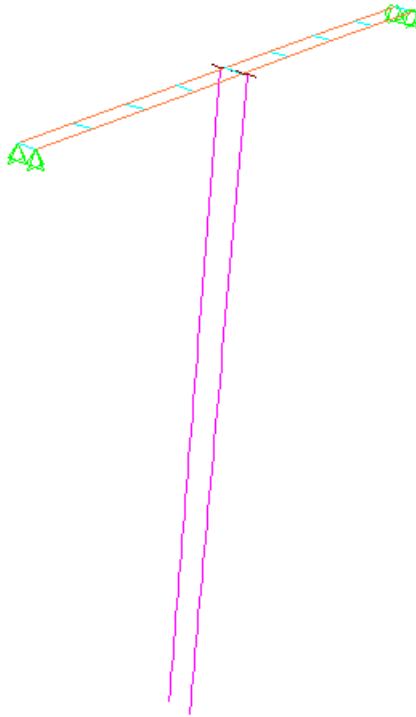
Gambar 5. 1 Permodelan struktur catwalk platform - berthing 8 meter



Gambar 5. 2 Permodelan catwalk berthing - berthing 16 m



Gambar 5. 3 Permodelan catwalk berthing - mooring 28 m



Gambar 5. 4 Permodelan catwalk mooring - mooring 32 m

5.2.2 Permodelan Catwalk

Catwalk menggunakan profil baja WF 400 300 9 14 sebagai gelagar memanjang dan baja WF 125 60 6 8 sebagai gelagar melintang dan mutu baja 240 MPa (BJ 37). Adapun spesifikasi profil diuraikan pada **tabel 5.1**.

Tabel 5. 1 Profil baja catwalk

Profil baja	W (kg/m)	d (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)
WF 400 300 9 14	94,3	386	299	9	14	22
WF 125 60 6 8	13,2	125	60	6	8	9

Berikut adalah perhitungan struktur catwalk mooring – mooring dengan panjang bentang (L) = $32/2 = 16$ meter.

5.2.2.1 Kontrol Penampang

Berdasarkan RSNI T-03-2015, Perhitungan kekompakan penampang dihitung dengan memperhatikan kekompakan dari *web* (badan) dan *flens* (sayap) profil yang dihitung dengan :

- Web

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\begin{aligned}\lambda &= hw / tw \\ &= (d-2(tf + r)) / tw \\ &= (386 - 2(14 + 22)) / 9 \\ &= 34,89 \text{ mm} \\ \lambda_p &= 1680 / \sqrt{f_y} \\ &= 1680 / \sqrt{240} \\ &= 108,44 \text{ mm} \\ \lambda &\leq \lambda_p \quad \rightarrow \text{kompak}\end{aligned}$$

- Flens

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\frac{b}{2 \cdot tf} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda &= b / 2.t_f \\
 &= 299 / 2.14 \\
 &= 10,68 \text{ mm} \\
 \lambda_p &= 170 / \sqrt{f_y} \\
 &= 170 / \sqrt{240} \\
 &= 10,97 \text{ mm} \\
 \lambda &\leq \lambda_p \quad \rightarrow \text{kompak}
 \end{aligned}$$

5.2.2.2 Kontrol Tekuk Lateral

$$\begin{aligned}
 M_u &= 178000000 \text{ N.mm (output SAP2000)} \\
 Z_x &= 1740 \text{ cm}^3 = 1740 \times 10^3 \text{ mm}^3 \\
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 1740000 \cdot 290 \\
 &= 504600000 \text{ N.mm} \\
 \phi M_p &= 0,9 \cdot 504600000 \\
 &= 454140000 \text{ N.mm} \\
 \phi M_p &> M_u \quad \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

5.2.2.3 Kontrol Lendutan Terjadi

Berdasarkan **SNI 03-1729-2002 pasal 6.4.3**,
 lendutan terjadi harus lebih kecil dari lendutan izin $L/360$.
 $L/360 \geq \text{Lendutan terjadi (output SAP2000)}$
 $16/360 \geq 0,01 \text{ m}$
 $0,04 > 0,01 \quad \rightarrow \text{OK}$

5.2.3 Sambungan antar Balok Girder Catwalk

Perhitungan sambungan antar balok girder dihitung dengan cara plastis.

Direncanakan :

$$\begin{aligned}
 \text{Mutu baut} &= \text{BJ 37} \\
 f_{ub} &= 370 \text{ MPa} \\
 f_{yb} &= 240 \text{ MPa} \\
 L &= \text{panjang bentang} = 16 \text{ m}
 \end{aligned}$$

L_s = jarak sambungan ke tepi = 4 m

Karena sambungan direncanakan sebagai sambungan sekuat profil, maka kuat lentur geser rencana dari profil harus dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Momen} &= \phi_b \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot Z_x \cdot f_y \\ &= 0,9 \cdot 1074 \cdot 240 = 23894352 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Geser} &= \phi_c \cdot V_n \\ &= 0,9 \cdot 0,6 \cdot f_y \cdot h \cdot t_w = 366249,6 \text{ N}\end{aligned}$$

Diasumsikan 90% momen lentur yang terjadi dipikul oleh plat sambung sayap dan sisanya dipikul oleh plat sambung badan.

5.2.3.1 Plat Sambung Sayap

Momen yang dipikul oleh plat sambung flens adalah sebesar 90% dari $\phi_b \cdot M_n$.

$$\begin{aligned}\text{Momen dipikul} &= 0,9 \cdot \phi_b \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot 23894352 = 21504916,8 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Asumsikan tebal plat (tpf) = 8 mm

$$\begin{aligned}F_f &= M / (d + tpf) = 21504916,8 / (386 + 8) \\ &= 55581,9 \text{ N}\end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan baut (D_b) = Ø10

$$\begin{aligned}\text{Luas baut (} A_b \text{)} &= \frac{1}{4} \pi D_b^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi D_b^2 = 78,54 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Diameter lubang} = 10 + 2 = 12 \text{ mm}$$

Diameter lubang disesuaikan dengan diameter baut, di mana $D_b + 2$ untuk $D_b < 24 \text{ mm}$ dan $D_b + 3$ untuk $D_b > 24$.

Tipe baut yang direncanakan adalah A325 dengan proof stress (f_y) = 585 MPa dan kuat tarik minimum (f_u) = 825 MPa.

Menghitung tahanan baut :

$$\begin{aligned}\text{Geser} &= \phi \cdot R_n = \phi \cdot 0,5 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 825 \cdot 1 \cdot 78,54 \\ &= 24298,256 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tumpu} &= \phi \cdot R_n = \phi \cdot 2,4 \cdot D_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 370 \\ &= 53280 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah baut (n)} &= F_f / \phi \cdot R_n \text{ geser} \\ &= 54581 / 24298,256 \\ &= 2,246 \approx 4 \text{ baut}\end{aligned}$$

Baut dipasang dalam 2 baris, asumsikan lebar plat = lebar girder = 299 mm

Lebar netto plat sambung

$$\begin{aligned}W_n &= b - (D_b \cdot \text{jumlah baris}) \\ &= 299 - (12 \cdot 2) = 275 \text{ mm}\end{aligned}$$

Periksa terhadap kondisi leleh :

$$\begin{aligned}T_{\min} &\geq T_u / (0,9 \cdot W_n \cdot f_y) \\ &= 54571 / (0,9 \cdot 275 \cdot 240) \\ &= 0,91887 \text{ mm}\end{aligned}$$

Periksa terhadap kondisi fraktur :

$$\begin{aligned}T_{\min} &\geq T_u / (0,75 \cdot W_n \cdot U \cdot f_u) \\ &= 54571 / (0,75 \cdot 275 \cdot 1 \cdot 370) \\ &= 1,1026 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3.D_b = 3.10 = 30$$

Digunakan 50 mm

$$\text{Jarak baut ke tepi plat} = 1,5 D_b = 1,5.10 = 15 \text{ mm}$$

Digunakan 25 mm

Jarak antar profil = 10 mm. Sehingga total panjang plat sambung = $2 (2.25 + (4/2) - 1) . 50 + 10 = 210 \text{ mm}$

5.2.3.2 Plat Sambung Badan

$$\text{Gaya geser (Vu)} = 366249,6 \text{ N}$$

$$\text{Momen dipikul} = 0,1.V_u = 2389435,2 \text{ Nmm}$$

Asumsi :

$$\text{Diameter baut} = \varnothing 10$$

$$A_b = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dlubang} = 12 \text{ mm}$$

Direncanakan tipe baut adalah A325 dengan proof stress (f_yb) = 585 MPa dan kuat tarik minimum ($f_u b$) = 825 MPa.

$$\text{Jumlah baut (n)} = 8 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah baris (nr)} = 2 \text{ baris}$$

$$\text{Jarak antar baut (sb)} = 3.D_b = 3.10 = 30$$

Digunakan 50 mm

$$\text{Jarak baut ke tepi plat (sp)} = 1,5 D_b = 1,5.10 = 15 \text{ mm}$$

Digunakan 25 mm

$$\text{Jarak antar profil (sg)} = 10 \text{ mm}$$

Jarak antar baut disamakan dengan plat sambung sayap.

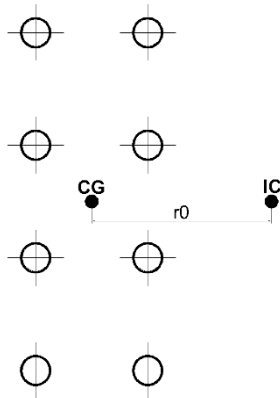
$$\begin{aligned} e = \text{eksentris ekuivalen} &= s_b/2 + s_p \\ &= 50/2 + 25 = 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_{ni} = 0,5 . f_{ub} . A_b . m = 0,5 . 825 . 78,5 . 2$$

$$= 647625 \text{ N}$$

$$= 6,47625 \text{ ton}$$

Tata letak baut di tetapkan seperti pada gambar



Gambar 5. 5 Struktur baut sambungan badan

Kemudian dilakukan metode trial error untuk mengetahui panjang r_0 , di mana r_0 merupakan jarak dari pusat gaya rangkaian baut (CG) ke pusat rotasi (IC). Perhitungan dilakukan dengan mengukur jarak dari tiap baut ke IC dengan mengasumsikan r_0 hingga nilai $P_n = \sum R_i \cdot X_i / d_i$ dan $P_n' = \sum R_i \cdot d_i / (e + r_0)$. Didapat $r_0 = 64,105 \text{ mm}$. Adapun rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada **tabel 5.2** berikut.

Tabel 5. 2 Tabel perhitungan Pn

No. baut	Xi	Yi	di	Δi	Ri	(Ri.Xi/di)	Ri.di
1	89,105	75	116,468	8,6	6,3612	4,86672	740,874
2	89,105	25	92,5457	6,8336	6,24124	6,00921	577,6
3	89,105	-25	92,5457	6,8336	6,24124	6,00921	577,6
4	89,105	-75	116,468	8,6	6,3612	4,86672	740,874
5	39,105	75	84,5825	6,2456	6,17771	2,85614	522,526
6	39,105	25	46,4134	3,42718	5,51273	4,64468	255,864
7	39,105	-25	46,4134	3,42718	5,51273	4,64468	255,864
8	39,105	-75	84,5825	6,2456	6,17771	2,85614	522,526

$$P_n = \sum R_i \cdot X_i / d_i = 36,753 \text{ ton}$$

$$P_n' = \sum R_i \cdot d_i / (e + r_0) = 36,753 \text{ ton}$$

$$P_n = P_n' \rightarrow \text{OK}$$

$$P_n > V_u \rightarrow \text{OK}$$

Tinggi plat sambung badan

$$\begin{aligned} hb &= 2 \cdot sp + (sb \cdot (n/nr - 1)) \\ &= 2 \cdot 25 + (50 (8 / 2 - 1)) \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} bb &= 2 \cdot ((sg/2) + (2 \cdot sp) + ((sb \cdot (nr - 1))) \\ &= 2 \cdot ((10/2) + (2 \cdot 25) + ((50(2-1)))) \\ &= 210 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal plat (tp)} = 8 \text{ mm}$$

Periksa terhadap geser :

$$\begin{aligned} \text{Geser leleh} &= \phi(0,6f_y)A_g = 0,9 (0,6 \cdot 240) \cdot (200 \cdot 8) \\ &= 2073620 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Geser fraktur} &= \phi(0,6f_u)A_n = 0,9(0,6 \cdot 370) \cdot (200 \cdot 8) \\ &= 404928 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Geser fraktur rencana} > \text{geser fraktur} \rightarrow \text{OK}$$

5.2.4 Sambungan Girder – Diafragma Catwalk

Data perencanaan :

Profil Girder :	WF 400.300.9.14
Berat profil baja	= 94,3 kg/m
Tinggi (d)	= 386 mm
Lebar (b)	= 299 mm
Tebal badan (tw)	= 9 mm
Tebal sayap (tf)	= 14 mm
Luas penampang (A)	= 120,1 cm ²

Profil Diafragma :	WF 125.60.6.8
Berat profil baja	= 13,2 kg/m
Tinggi (d)	= 125 mm
Lebar (b)	= 60 mm
Tebal badan (tw)	= 6 mm
Tebal sayap (tf)	= 8 mm
Luas penampang (A)	= 16,84 cm ²
Jarak diafragma (λ)	= 4 m

Mutu baut dan plat :	BJ 41
fub	= 410 kg/m
fyb	= 250 MPa
tebal plat (tp)	= 11 mm
D.baut	= Ø8 mm
Luas bidang (Ab)	= 0,5026 mm ²
D.lubang (Db)	= 9,5 mm

5.2.4.1 Sambungan pada Gelagar Memanjang (1 bidang geser

Kekuatan izin baut

Kekuatan geser baut (Vd)

$$\begin{aligned} V_n &= m \cdot r_l \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 1 \cdot 0,48 \cdot (410 \cdot 10) \cdot 0,5026 \\ &= 989,225 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_d &= V_n \cdot \phi \\
 &= 989,225 \cdot 0,75 \\
 &= 741,919 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan tumpu baut (R_d)

$$\begin{aligned}
 R_n &= 2,4 \cdot D_b \cdot t_p \cdot f_{ub} \\
 &= 2,4 \cdot (9,5/10) \cdot (11/10) \cdot (410/10) \\
 &= 10282,8 \text{ kg} \\
 R_d &= \phi \cdot R_n \\
 &= 0,75 \cdot 10282,8 \text{ kg} \\
 &= 7712,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya yang bekerja (P) = 689 kg (output SAP2000)

Baut yang digunakan

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah baut } (n) &= P / V_d \\
 &= 689 / 741,919 \\
 &= 0,92867 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan segi perencanaan

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &= 3 \cdot D_b \\
 &= 3 \cdot 8 = 24 \text{ mm} \approx 25 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut ke tepi plat} &= 1,5 \cdot D_b \\
 &= 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm} \\
 \text{Total panjang plat} &= 2 \cdot 20 + (25 \cdot (2 - 1)) \\
 &= 65 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

5.2.4.2 Sambungan pada Diafragma (2 bidang geser)

Kekuatan izin baut

$$\begin{aligned}
 &\text{Kekuatan geser baut } (V_d) \\
 V_n &= m \cdot r_l \cdot f_{ub} \cdot A_b
 \end{aligned}$$

$$= 2 \cdot 0,48 \cdot (410/10) \cdot 0,5026$$

$$= 1978,45 \text{ kg}$$

$$V_d = V_n \cdot \varphi$$

$$= 1978,45 \cdot 0,75$$

$$= 1486,84 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut (R_d)

$$R_n = 2,4 \cdot D_b \cdot t_p \cdot f_{ub}$$

$$= 2,4 \cdot (9,5/10) \cdot (11/10) \cdot (410/10)$$

$$= 10282,8 \text{ kg}$$

$$R_d = \varphi \cdot R_n$$

$$= 0,75 \cdot 10282,8 \text{ kg}$$

$$= 7712,1 \text{ kg}$$

Gaya yang bekerja (P) = 689 kg (output SAP2000)

Baut yang digunakan

Jumlah baut (n) = P / V_d

$$= 689 / 1486,84$$

$$= 0,46434 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Syarat jarak baut berdasarkan segi perencanaan

Panjang plat sambung = 65 mm

$$\text{Jarak antar baut} = 3 \cdot D_b$$

$$= 3 \cdot 8 = 24 \text{ mm} \approx 25 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut dengan tepi} = (65 - ((2 - 1) \cdot 25)) / 2$$

$$= 20 \text{ mm}$$

5.2.4.3 Kontrol Plat Siku

Plat diku dipakai : 65.65.8

Luas geser plat siku = $A_{nv} = L_{mv} \cdot t_L$

$$\begin{aligned}
 &= (L - n - Db) \cdot tL \\
 &= (65 - 2 - 9,5) \cdot 8 \\
 &= 428 \text{ mm}^2 \\
 \text{Kuat rencana} &= \phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} \\
 &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot (410 \cdot 10) \cdot (428/100) \\
 &= 7896,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi \cdot R_n > P \quad \rightarrow \text{OK}$$

5.2.5 Penulangan Cap Beam Catwalk

Data perencanaan :

Lebar (b)	= 1000 mm
Tinggi (d)	= 1000 mm
Selimut beton (p)	= 100 mm
ϕ lentur	= 0,8
ϕ torsi	= 0,75
ϕ geser	= 0,75

Mutu beton :

K	= 350 kg/cm ²
f_c'	= 29.05 MPa
β	= $0,85 - (0,008 \cdot (f_c' - 30))$
	= $0,85 - (0,008 \cdot (29,05 - 30))$
	= 0,8576
E_b	= $4700 \sqrt{f_c'}$
	= $4700 \sqrt{29,05}$
	= 25332,08

Mutu baja :

f_y	= 400 MPa
E_s	= 200000 MPa

Dalam perencanaan yang dilakukan, digunakan gaya dalam yang merupakan output SAP 2000 seperti yang disajikan dalam **tabel 5.3** berikut.

Tabel 5. 3 Gaya pada cap beam catwalk

Gaya	Kombinasi	Besar
M_{tum} (ton.m)	EQX ultimit	-0,63
M_{lap} (ton.m)	EQX ultimit	1,654
V_u (ton)	EQX ultimit	2,1
T_u (ton.m)	EQX ultimit	0

5.2.5.1 Perhitungan Tulangan Lentur Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 0,63 \text{ ton.m} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 0,63 / 0,8 \\
 &= 0,7875 \text{ ton.m} = 7875000 \text{ N.mm} \\
 d &= h - p \\
 &= 1000 - 100 = 900 \text{ mm} \\
 m &= f_y / (0,85 \cdot f_c') \\
 &= 400 / (0,85 \cdot 29,05) = 16,1993 \\
 R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
 &= 225025000 / (1000 \cdot 1000^2) \\
 &= 0,0097 \\
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\
 &= 1,4 / 400 = 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 = 0,0238
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,1993} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1993 \cdot 0,0097}{400}} \right) \\
 &= 0,0000
 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} > \rho$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 1000 \\
 &= 3150 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Diambil tulangan 7-D25

$$\begin{aligned}
 Ast &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\
 &= \pi/4 \cdot 25^2 \cdot 7 = 3436,12 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}
 T &= Ast \cdot fy \\
 &= 3436,12 \cdot 400 = 1374447 \text{ N} \\
 a &= T / (0,85 \cdot fc' \cdot b) \\
 &= 1374447 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 400) \\
 &= 55,6625 \text{ mm} \\
 \phi Mn &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 567057 (900 - 55,6625 / 2) \\
 &= 958999617 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\phi Mn > Mu \rightarrow \text{OK}$$

5.2.5.2 Perhitungan Tulangan Lentur Lapangan

$$\begin{aligned}
 Mu &= 1,654 \text{ ton.m} \\
 Mn &= Mu/\phi \\
 &= 1,654/0,8 \\
 &= 2,0675 \text{ ton.m} = 20675000 \text{ N.mm} \\
 d &= h - p \\
 &= 1000 - 100 = 900 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= f_y \cdot (0,85 \cdot f_c') \\ &= 400 \cdot (0,85 \cdot 29,05) = 16,1993 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 225025000 / (1000 \cdot 1000^2) \\ &= 0,0097 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 = 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,03176 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,03176 = 0,0238 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,1993} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1993 \cdot 0,0097}{400}} \right) \\ &= 0,0000 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} > \rho$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 1000 \\ &= 3150 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diambil tulangan 7-D25

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\ &= \pi/4 \cdot 25^2 \cdot 7 = 3436,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 3436,12 \cdot 400 = 1374447 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\ &= 1374447 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 400) \\ &= 55,6625 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi . T . (d - a / 2) \\
 &= 0,8 \cdot 567057 (900 - 55,6625 / 2) \\
 &= 958999617 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \quad \rightarrow \text{OK}$$

5.2.5.3 Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= 2,1 \text{ ton} \\
 V_n &= V_u / \phi \\
 &= 2,1 / 0,75 = 2,8 \text{ ton} \\
 V_c &= 80,847 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Pengecekan keperluan tulangan geser :

Kondisi 1 :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \phi \cdot V_c \\
 &< 0,75 \cdot 80,847 \text{ ton} \\
 &< 60,635 \quad \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2 :

$$\begin{aligned}
 V_u &< 5 \cdot \phi \cdot V_c \\
 &< 5 \cdot 0,75 \cdot 80,847 \text{ ton} \\
 &< 303,177 \quad \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Kondisi 3 :

$$\begin{aligned}
 V_u &< 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\
 &< 0,5 \cdot 0,75 \cdot 80,847 \text{ ton} \\
 &< 30,318 \quad \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan ketiga kondisi memenuhi, maka tidak diperlukan tulangan geser. Di baut tulangan praktis D13 – 300.

5.2.6 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas

Data perencanaan :

Lebar pile cap = 1000 mm

Tinggi pile cap = 1000 mm

Cover = 100 mm

d efektif = 887,5 mm

D tiang = 600 mm

Tebal tiang = 14 mm

D dalam tiang = 572 mm

ϕ = 0,7

f_c' = 29,05

f_y = 400

D. tul pile cap = 25 mm

D. tul tiang = 25 mm

D. tul sengkang = 12 mm

σ_e = 460

tebal las = 5 mm

P kerja = 0 N

5.2.6.1 Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang

P beton dalam tiang \geq P kerja

$$\begin{aligned} P_{\text{beton}} &= A_{\text{beton}} \cdot 0,85 \cdot \phi \cdot f_c' \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 600^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 29,05 \\ &= 4441657 \text{ N} \end{aligned}$$

P beton > P kerja \rightarrow OK

5.2.6.2 Kontrol Retak Pile Cap

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot f_c' \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot 29,05 \cdot 1000 \cdot 887,5 \\ &= 797242 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat : $P_{\text{kerja}} \leq \phi \cdot 2V_c$

$$0 \text{ N} < 0,7 \cdot 2 \cdot 797242 \text{ N}$$

$$0 \text{ N} < 1116139 \text{ N} \rightarrow \text{OK}$$

5.2.6.3 Kontrol Kekuatan Las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX dengan tegangan izin tarik las (σ_e) = 460 MPa. Ketebalan las rencana adalah 5 mm. Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} K_l &= \text{keliling las} \times \text{tebal las} \times \sigma_e \\ &= \pi \cdot 600 \cdot 5 \cdot 640 \\ &= 4335398 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} K_l &> P_{\text{kerja}} \\ 4335398 \text{ N} &> 0 \text{ N} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

5.2.6.4 Perhitungan Shear Ring

$$s \cdot f_c' \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot D_d < 0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot D_d$$

$$s < \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot D_d}{\sqrt{f_c'} \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot D_d}$$

$$s < \frac{0,85 \cdot 29,05 \cdot 25}{\sqrt{29,05} \cdot 1/6}$$

$$s < 329,8561 \text{ mm}$$

Di ambil tulangan spiral : $\emptyset 12 - 300$

5.2.6.5 Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas

$$A_s \cdot f_y \text{ tulangan} = P / \phi$$

$$A_s = P / (\phi \cdot f_y \text{ tulangan})$$

$$= 0 \text{ N} / (0,7 \cdot 400)$$

$$= 0 \text{ mm}^2$$

Dikarenakan A_s perlu berdasarkan $P_{\text{kerja}} = 0$, maka diambil A_s perlu = 1 % luas bidang dalam tiang.

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 0,01 \\ &= \frac{1}{4} \pi 572^2 \cdot 0,01 \\ &= 2569,697 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Di gunakan tulangan 6 – D25

$$A_{st} = \frac{1}{4} \pi 25^2 \cdot 6 = 2945,243 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung sesuai dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= db \frac{f_y}{4 \sqrt{f'_{ci}}} \\ &= 25 \frac{400}{4 \sqrt{29,05}} = 463,8387 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dh \text{ min}} &= 0,04 \cdot db \cdot f_y \\ &= 0,04 \cdot 25 \cdot 400 = 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 600 \text{ mm}$

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI – 2847 2013 pasal 14.2** dengan metode sebagai berikut :

$$l_{dh} = \frac{3 f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f'_{ci}}} db$$

Dengan :

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{ldh} &= \frac{3 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{29,05}} \cdot 25 \\ &= 1113,213 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 1200 \text{ mm}$

5.2.6.6 Perhitungan Base Plate

Base plate merupakan penahan beton segar saat proses filling tiang dilaksanakan. Base plate direncanakan dengan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm. Sedangkan untuk menahan base plate, digunakan tulangan pengait yang menahan baseplate pada tiang pancang. Berat yang harus dipikul oleh base plate adalah :

$$\begin{aligned} P &= A \text{ dalam tiang } (t_p \cdot B_{\text{baja}} + B_{\text{beton}} \cdot L) \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,572^2 (0,01 \cdot 7850 + 2400 \cdot 1) \\ &= 636,8994 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan pengait baseplate :

$$\begin{aligned} A &= P / \sigma \\ &= 636,8994 / 1600 \\ &= 0,398 \text{ cm}^2 = 39,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$ adalah tegangan izin pengait A307 dengan mutu normal

Kait pakai : 4 Ø12

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 4 \\ &= 452,389 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

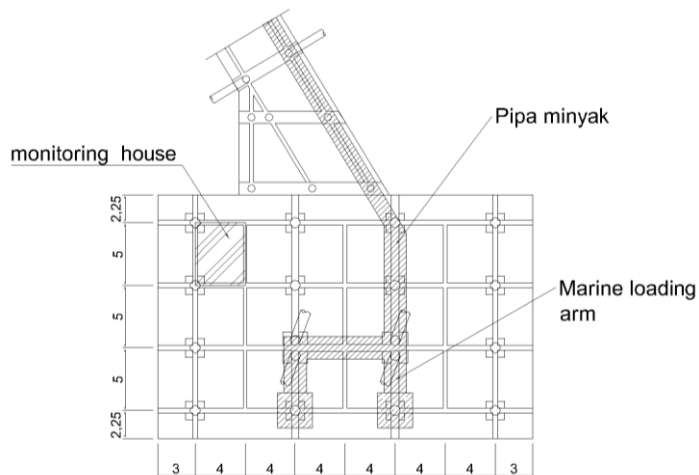
$A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$

5.3 Perencanaan Struktur Platform

Pada dermaga Sanggata, platform adalah bagian dermaga yang direncanakan sebagai tempat kegiatan bongkar muat curah cair. Platform yang direncanakan dilengkapi dengan dua (2) buah pompa curah cair serta satu (1) buah monitoring house. Proses analisis struktur platform menggunakan program SAP 2000 dengan diasumsikan sebagai plat lentur dan dianggap terjepit penuh dengan balok pada keempat sisinya.

5.3.1 Permodelan Platform

Layout pembalokan pada platform ditunjukkan pada **gambar 5.6** berikut.



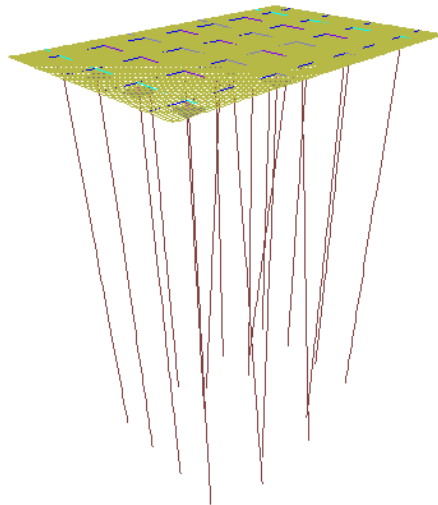
Gambar 5. 6 Layout platform

Beban – beban yang terjadi pada platform telah dibahas pada subbab 4.7.2 dengan rincian :

- Beban sendiri lantai beton
- Beban air hujan
- Beban *Marine Loading Arm*

- Beban *Monitoring house*
- Beban operasional
- Beban gempa

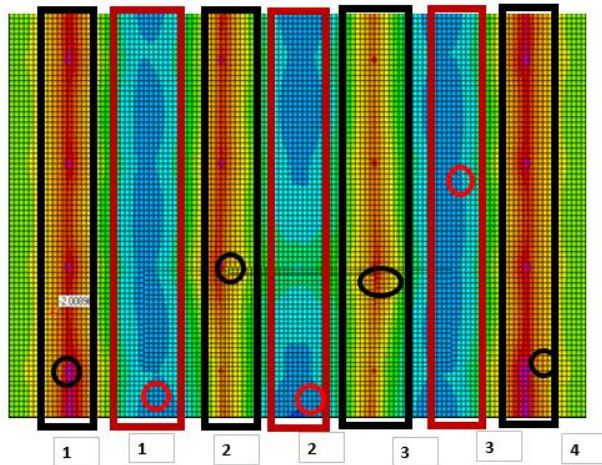
Platform yang dianalisa dimodelkan dalam program SAP 2000 yang ditampilkan pada **gambar 5.7** berikut.



Gambar 5. 7 Permodelan platform

Adapun output analisa struktur plat dengan menggunakan program SAP 2000 disajikan dalam bentuk kontur momen plat berikut.

- Kontur momen (M11) akibat pembebanan kombinasi 1 ultimit

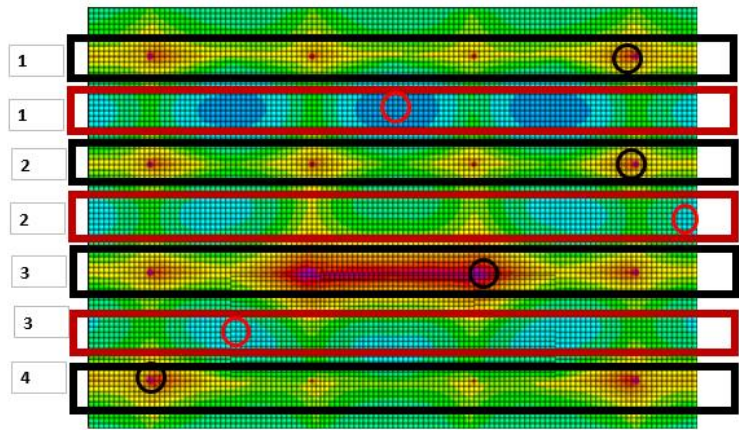


Gambar 5. 8 Kontur momen M11 kombinasi 1

Tabel 5. 4 Momen M11 kombinasi 1

Momen	Letak	Besar (ton.m)
Momen tumpuan	1	8,686
	2	9,008
	3	8,49
	4	8,733
Momen lapangan	1	2,605
	2	2,93
	3	2,7

- Kontur momen (M22) akibat pembebanan kombinasi 1 ultimit

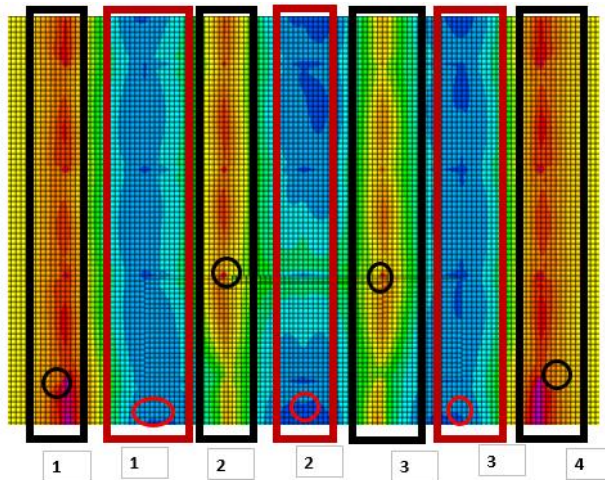


Gambar 5. 9 Kontur momen M22 kombinasi 1

Tabel 5. 5 Momen M22 kombinasi 1

Momen	Letak	Besar (ton.m)
Momen tumpuan	1	5,868
	2	5,754
	3	9,2
	4	6,17
Momen lapangan	1	0,9916
	2	0,58
	3	0,53

- Kontur momen (M_{11}) akibat pembebanan kombinasi EQ_y ultimit

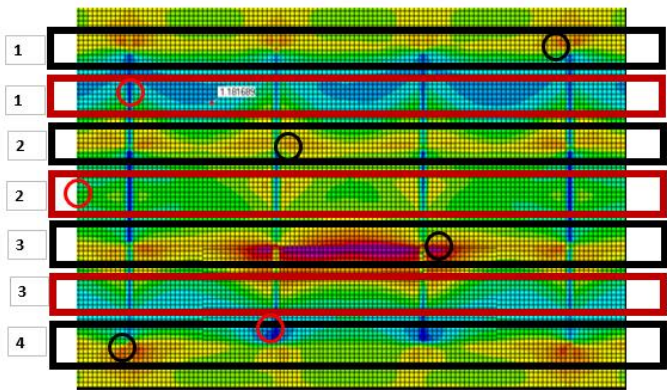


Gambar 5. 10 Kontur momen M_{11} kombinasi EQ_y

Tabel 5. 6 Momen M_{11} kombinasi EQ_y

Momen	Letak	Besar (ton.m)
Momen tumpuan	1	4,663
	2	4,256
	3	3,74
	4	4,54
Momen lapangan	1	2,88
	2	2,89
	3	2,97

- Kontur momen (M22) akibat pembebanan kombinasi EQy ultimit

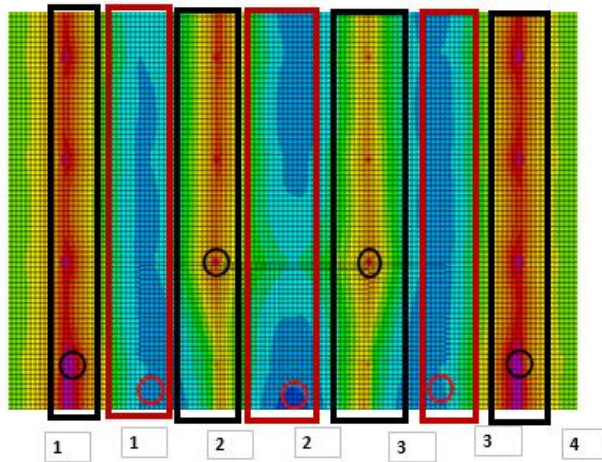


Gambar 5. 11 Kontur momen M22 kombinasi EQy

Tabel 5. 7 Momen M22 kombinasi EQy

Momen	Letak	Besar (ton.m)
Momen tumpuan	1	1,0008
	2	0,757
	3	2,585
	4	1,4839
Momen lapangan	1	1,844
	2	2,23
	3	2,64

- Kontur momen (M11) akibat pembebanan kombinasi 2 ultimit

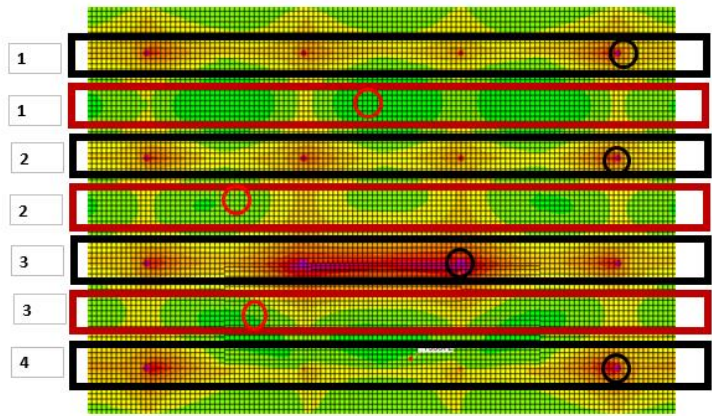


Gambar 5. 12 Kontur momen M11 kombinasi 2

Tabel 5. 8 Momen M11 kombinasi 2

Momen	Letak	Besar (ton.m)
Momen tumpuan	1	6,27
	2	5,78
	3	5,26
	4	6,31
Momen lapangan	1	3,367
	2	2,23
	3	2,04

- Kontur momen (M22) akibat pembebanan kombinasi 2 ultimit

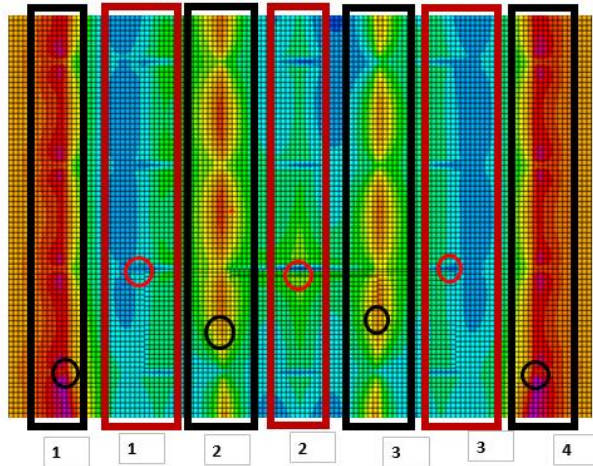


Gambar 5. 13 Kontur momen M22 kombinasi 2

Tabel 5. 9 Momen M22 kombinasi 2

Momen	Letak	Besar (ton.m)
Momen tumpuan	1	3,94
	2	3,94
	3	6,34
	4	4,35
Momen lapangan	1	0,597
	2	0,297
	3	0,39

- Kontur momen (M11) akibat pembebanan kombinasi EQx ultimit

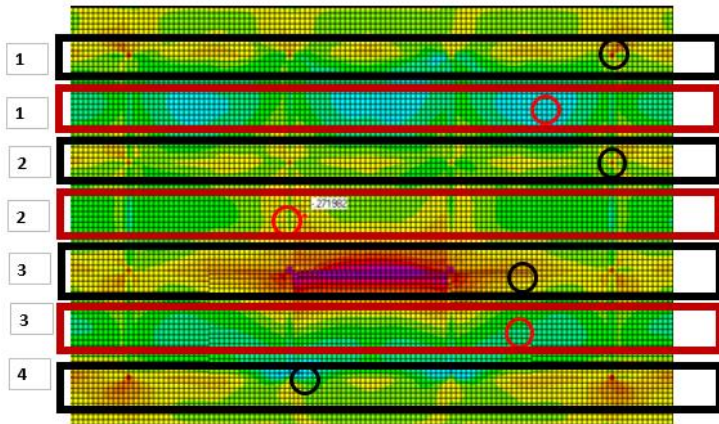


Gambar 5. 14 Kontur momen M11 kombinasi EQx

Tabel 5. 10 Momen M11 kombinasi EQx

Momen	Letak	Besar (ton.m)
Momen tumpuan	1	2,53
	2	0,922
	3	0,944
	4	2,515
Momen lapangan	1	3,59
	2	4,22
	3	3,77

- Kontur momen (M_{22}) akibat pembebanan kombinasi EQ_x ultimit



Gambar 5. 15 Kontur momen M_{22} kombinasi EQ_x

Tabel 5. 11 Momen M_{22} kombinasi EQ_x

Momen	Letak	Besar (ton.m)
Momen tumpuan	1	2,442
	2	1,838
	3	4,952
	4	2,81
Momen lapangan	1	1,098
	2	0,962
	3	0,768

Berdasarkan kalkulasi yang telah dilaksanakan, di dapatkan momen maksimum seperti pada **tabel 5.12**.

Tabel 5. 12 Rekapitulasi momen platform

Momen	Besar (N.mm)
Mlx	27700000
Mly	18100000
Mtx	62426400
Mty	41070000

5.3.2 Perencanaan Penulangan Plat Lantai

Penulangan platform dihitung dengan mengambil momen terbesar dari kombinasi beban yang didapat dari hasil analisa menggunakan program SAP 2000.

Data perencanaan :

b = lebar plat ditinjau = 1000 mm

h = tebal plat = 220 mm

p = tebal selimut beton = 50 mm

d = tebal efektif = h – p = 170 mm

$\phi = 0,8$

m = $f_y / (0,85 \cdot f_c')$

= $400 / (0,85 \cdot 29,05) = 16,199$

Mutu beton :

$f_c' = 29,05 \text{ MPa}$

$\beta = 0,85 - (0,008(29,05 - 30 \text{ MPa}))$

= 0,8576

Mutu baja :

$f_y = 400 \text{ MPa}$

$E_s = 200.000 \text{ MPa}$

5.3.2.1 Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah X

Mu = 62426400 N.mm

Mn = Mu / ϕ

= $62426400 / 0,8$

$$\begin{aligned}
 &= 78033000 \text{ N.mm} \\
 R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
 &= 78033000 / (1000 \cdot 170^2) \\
 &= 2,7001 \\
 \rho_{\min} &= 1,4/f_y \\
 &= 1,4/400 \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta_{fy} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600+400} \right) \\
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 \\
 &= 0,0238 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 2,7001}{400}} \right) \\
 &= 0,00717
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} > \rho > \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,00717$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00717 \cdot 1000 \cdot 170 \\
 &= 1218,256 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan diameter D16 - 150

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_s^2 \cdot \frac{b}{s} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1000}{150} \\
 &= 1340,4129
 \end{aligned}$$

$$A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

Cek kemampuan nominal :

$$T = A_{st} \cdot f_y$$

$$\begin{aligned}
&= 1340,4129 \cdot 400 \\
&= 536165,1462 \text{ N} \\
a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
&= 536165,1462 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\
&= 21,71369 \\
\phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
&= 0,8 \cdot 536165,1462 \cdot (170 - 21,71369/2) \\
&= 68261611,63 \quad \phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}
\end{aligned}$$

5.3.2.2 Perhitungan Tulangan Lapangan Arah X

$$\begin{aligned}
M_u &= 27700000 \text{ N.mm} \\
M_n &= M_u / \phi \\
&= 27700000/0,8 \\
&= 34625000 \text{ N.mm} \\
R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
&= 34625000 / (1000 \cdot 170^2) \\
&= 1,1981 \\
\rho_{\min} &= 1,4/f_y \\
&= 1,4/400 \\
&= 0,0035 \\
\rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\
&= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600+400} \right) \\
&= 0,03176 \\
\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
&= 0,75 \cdot 0,03176 \\
&= 0,0238 \\
\rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 1,1981}{400}} \right) \\
&= 0,00307
\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00307 \cdot 1000 \cdot 170 \\
 &= 595 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan diameter D16 - 300

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1000}{300} \\
 &= 670,20643
 \end{aligned}$$

$A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 670,20643 \cdot 400 \\
 &= 268082,57 \text{ N} \\
 a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
 &= 268082,57 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\
 &= 10,857 \\
 \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 268082,57 \cdot (170 - 10,857/2) \\
 &= 35295018
 \end{aligned}$$

$\phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$

5.3.2.3 Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah Y

$$\begin{aligned}
 M_u &= 41070000 \text{ N.mm} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 41070000/0,8 \\
 &= 51337500 \text{ N.mm} \\
 R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
 &= 51337500 / (1000 \cdot 170^2) \\
 &= 1,7764 \\
 \rho_{\min} &= 1,4/f_y \\
 &= 1,4/400 \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 \\
 &= 0,0238 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 1,7764}{400}} \right) \\
 &= 0,00461
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

Maka digunakan $\rho = 0,00461$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00461 \cdot 1000 \cdot 170 \\
 &= 784,2685 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan diameter D16 - 250

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1000}{250} \\
 &= 804,2477 \qquad \mathbf{A_{st} > A_s \rightarrow OK}
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 804,2477 \cdot 400 \\
 &= 321699,088 \text{ N} \\
 a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
 &= 321699,088 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\
 &= 13,028 \\
 \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 321699,088 \cdot (170 - 13,028/2) \\
 &= 42074610,56 \qquad \mathbf{\phi M_n > M_u \rightarrow OK}
 \end{aligned}$$

5.3.2.4 Perhitungan Tulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = 18100000 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 18100000 / 0,8 \\ &= 22625000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 22625000 / (1000 \cdot 170^2) \\ &= 0,7829 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_{c'}}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,03176 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,03176 \\ &= 0,0238 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 0,7829}{400}} \right) \\ &= 0,00199 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 170 \\ &= 595 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan diameter D16 - 300

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_s^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1000}{300} \end{aligned}$$

$$= 670,20643$$

$$A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

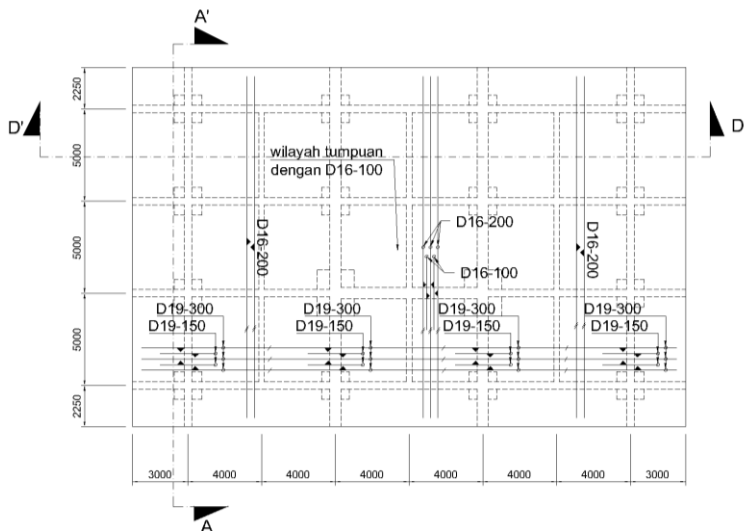
Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 670,20643 \cdot 400 \\ &= 268082,57 \text{ N} \end{aligned}$$

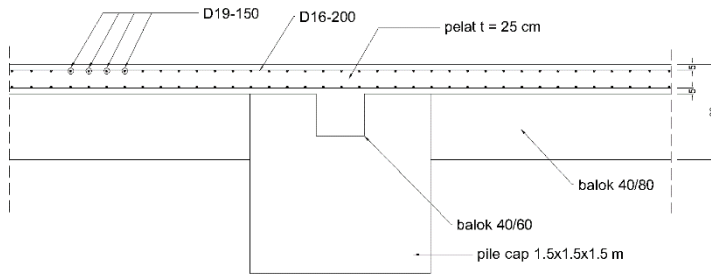
$$\begin{aligned} a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\ &= 268082,57 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\ &= 10,857 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\ &= 0,8 \cdot 268082,57 \cdot (170 - 10,857/2) \\ &= 35295018 \quad \phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

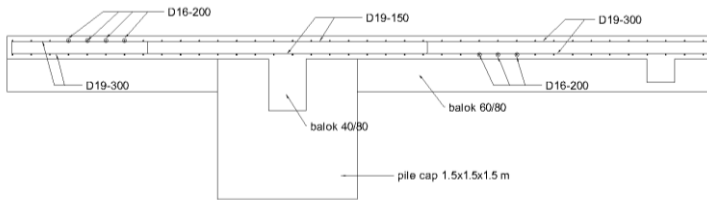
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka di dapat penulangan plat lantai platform adalah seperti pada gambar ... berikut.



Gambar 5. 16 Penulangan plat lantai platform



Gambar 5. 17 Potongan A - A'



Gambar 5. 18 Potongan D - D'

5.3.3 Kontrol Lendutan Platform

Kontrol lendutan pada plat dianalisa dengan memperhitungkan lendutan sesaat dan lendutan jangka panjang. Lendutan sesaat akibat beban layan luar yang terjadi harus dihitung dengan menggunakan nilai E_{cj} yang ditentukan dan I_{ef} yang berupa nilai momen efektif dari kedua luas unsur.

Disamping lendutan sesaat, beton bertulang juga akan mengalami lendutan berkala yang terjadi berangsur – angsur

dalam jangka waktu yang lama. Hal itu disebabkan karena bertambahnya regangan dengan sendirinya yang mengakibatkan perubahan distribusi tegangan pada beton dan tulangan baja, sehingga lendutan bertambah untuk beban yang bersifat tetap. Lendutan ini disebut lendutan jangka panjang.

Adapun perhitungan lendutan baik lendutan sesaat dan jangka panjang adalah sebagai berikut :

- Lendutan sesaat

Lendutan sesaat dihitung dengan memasukkan nilai modulus elastisitas beton E_c dalam program SAP 2000 SHELL. Adapun nilai E_c dihitung sebagai berikut :

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{37,35}$$

$$E_c = 28723,88 \text{ MPa}$$

Berdasarkan analisa yang dilakukan, maka didapat nilai lendutan sesaat (Δ_{st}) maksimum yang terjadi adalah 0,862 cm.

- Lendutan jangka panjang

Lendutan jangka panjang dihitung dengan mengkalikan nilai lendutan sesaat dengan nilai pengali K_{cs} , yaitu :

$$K_{cs} = 2 - 1,2 (A_{sc}/A_{st})$$

$$= 2 - 1,2 (1)$$

$$= 0,8 \geq 0,8$$

$$\Delta_{lt} = \Delta_{st} \times K_{cs}$$

$$= 0,862 \cdot 0,8$$

$$= 0,862$$

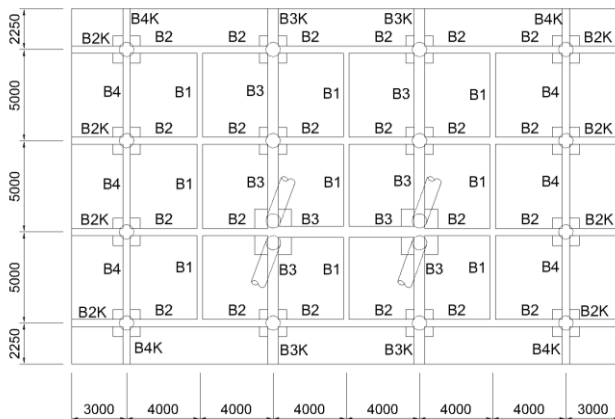
Lendutan-lendutan yang terjadi harus memenuhi syarat sebagai berikut :

$$0 < \text{lendutan terjadi} < L_n/300$$

$$0 < 0,862 < 1,33 \quad \rightarrow \text{OK}$$

5.3.4 Perencanaan Balok Platform

Balok pada platform terdiri dari balok memanjang, balok melintang, balok anak dan balok kantilever. Adapun layout pembalokan dapat dilihat pada gambar 4.10 berikut.



Gambar 4. 10 Layout pembalokan platform

Keterangan :

- B1 : balok 30/50
- B2 : balok 40/60
- B3 : balok 60/80
- B4 : balok 40/80
- B2K : balok kantilever 40/60
- B3K : balok kantilever 60/80
- B4K : balok kantilever 40/80

Penulangan balok diketahui dengan perhitungan tulangan lentur, torsi dan geser akibat gaya-gaya yang terjadi. Di bawah ini ditampilkan contoh perhitungan balok tipe B2.

Data perencanaan :

Lebar (b)	= 400 mm
Tinggi (h)	= 600 mm
Selimut beton (p)	= 40 mm
ϕ lentur	= 0,8
ϕ torsi	= 0,75
ϕ geser	= 0,75

Mutu beton :

K	= 350 kg/cm ²
fc'	= 29.05 MPa
β	= 0,85 – (0,008.(fc' - 30))
	= 0,85 – (0,008.(29,05 - 30))
	= 0,8576
E _b	= 4700 $\sqrt{fc'}$
	= 4700 $\sqrt{29,05}$
	= 25332,08

Mutu baja :

fy	= 400 MPa
Es	= 200000 MPa

Dalam perencanaan yang dilakukan, digunakan gaya dalam yang merupakan output SAP 2000 seperti yang disajikan dalam **tabel 5.13** berikut.

Tabel 5. 13 Gaya pada balok B2

Gaya	Besar (ton.m)
M_{tum} (kg.m)	-53,726
M_{lap} (kg.m)	8,043
V_{max} (kg)	19,486
Tu (kg.m)	1,083

5.3.4.1 Perhitungan Tulangan Lentur Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 53,726 \text{ ton.m} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 53,726 / 0,8 \\
 &= 67,1575 \text{ ton.m} = 671575000 \text{ N.mm} \\
 d &= h - p \\
 &= 400 - 40 = 560 \text{ mm} \\
 m &= f_y / (0,85 \cdot f_c') \\
 &= 400 / (0,85 \cdot 29,05) = 15,1993 \\
 R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
 &= 671575000 / (400 \cdot 560^2) = 5,3538 \\
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\
 &= 1,4 / 400 = 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 = 0,0238 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{11,34} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,1993 \cdot 5,3538}{400}} \right)$$

$$= 0,0153$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0153$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0153 \cdot 400 \cdot 560 \\ &= 3421,373 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diambil tulangan 9-D25

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\ &= \pi/4 \cdot 25^2 \cdot 9 \\ &= 4417,865 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 4417,865 \cdot 400 &= 1767146 \text{ N} \\ a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\ &= 1767146 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 400) \\ &= 178,9152 \text{ mm} \\ \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\ &= 0,8 \cdot 1767146 \cdot (560 - 178,9152/2) \\ &= 665213615 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \quad \rightarrow \text{OK}$$

5.3.4.2 Perhitungan Tulangan Lentur Tumpuan

$$\begin{aligned} M_u &= 8,043 \text{ ton.m} \\ M_n &= M_u / \phi \\ &= 8,043 / 0,8 \\ &= 10,05375 \text{ ton.m} = 100537500 \text{ N.mm} \\ d &= h - p \\ &= 400 - 40 &= 560 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= f_y \cdot (0,85 \cdot f_c') \\
 &= 400 \cdot (0,85 \cdot 29,05) = 15,1993 \\
 R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
 &= 100537500 / (400 \cdot 560^2) = 0,8015 \\
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\
 &= 1,4 / 400 = 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 = 0,0238 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,34} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,1993 \cdot 0,8015}{400}} \right) \\
 &= 0,0020
 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 400 \cdot 560 \\
 &= 784 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Diambil tulangan 2-D25

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\
 &= \pi/4 \cdot 25^2 \cdot 2 = 981,7477 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 981,7477 \cdot 400 = 392699,1 \text{ N} \\
 a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
 &= 392699,1 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 400) \\
 &= 39,7589 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 392699,1 (560 - 39,7589 / 2) \\
 &= 169683868 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$$

5.3.4.3 Perhitungan Tulangan Torsi

$$\begin{aligned}
 T_u &= 1,083 \text{ ton.m} &= 10830000 \text{ N.mm} \\
 \theta &= 45^\circ \\
 T_n &= T_u / \phi \\
 &= 10830000 / 0,75 &= 14440000 \text{ N.mm} \\
 V_u &= 19,486 \text{ ton} \\
 A_{cp} &= b \cdot h \\
 &= 400 \cdot 600 &= 240.000 \text{ mm}^2 \\
 P_{ep} &= 2 (b + h) \\
 &= 2 (400 + 600) &= 2000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hitung batasan nilai momen torsi yang boleh diabaikan dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 T_{u \text{ min}} &= \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'} A_{cp}^2}{12 \cdot P_{cp}} \\
 &= 0,75 \cdot \frac{\sqrt{29,05} \cdot 240000^2}{12 \cdot 2000} \\
 &= 40423,539 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{u \text{ max}} &= \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'} A_{cp}^2}{3 \cdot P_{cp}} \\
 &= 0,75 \cdot \frac{\sqrt{29,05} \cdot 240000^2}{3 \cdot 2000} \\
 &= 55437996,3 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Maka torsi perlu diperhitungkan.

Hitung sifat-sifat tampang datar yang diperlukan (A_o) dengan menggunakan persamaan $A_o = 0,85 \cdot A_{oh}$, di mana A_{oh} merupakan bagian luasan penampang yang

dibatasi garis berat sengkang tertutup. Jika diasumsikan diameter sengkang adalah 13 mm, maka :

$$\begin{aligned}
 x1 &= b - 2.p - D_{\text{sengkang}} \\
 &= 400 - 2.40 - 13 = 307 \text{ mm} \\
 y1 &= h - 2.p - D_{\text{sengkang}} \\
 &= 600 - 2.40 - 13 = 507 \text{ mm} \\
 A_{oh} &= x1 . y1 \\
 &= 307 . 507 = 155649 \text{ mm}^2 \\
 A_o &= 0,85 . A_{oh} \\
 &= 0,85 . 155649 = 132302 \text{ mm}^2 \\
 d' &= h - p - D_{\text{sengkang}} - D_{\text{lentur}}/2 \\
 &= 600 - 40 - 13 - 25/2 = 535 \text{ mm} \\
 Ph &= 2 (x1 + y1) \\
 &= 2 (307+507) = 1628 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan dimensi penampang :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b.h}\right)^2 + \left(\frac{T_u.ph}{1,7.A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b.h} + \frac{2\sqrt{f_c'}}{3} \right)$$

Di mana :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{\sqrt{f_c'}}{6} . b . d \\
 &= \frac{\sqrt{29,05}}{6} . 400 . 560 = 20,122 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\sqrt{\left(\frac{194860}{400.600}\right)^2 + \left(\frac{14440000.1628}{1,7.155649^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{201220}{400.600} + \frac{2\sqrt{29,05}}{3} \right)$$

$$0,81119 < 2,6590$$

Maka kuat lentur penampang mencukupi

Hitung kebutuhan tulangan torsi :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_{yv} \cdot \cot \theta} = \frac{14440000}{2 \cdot 132302 \cdot 400 \cdot 1} = 0,136431 \text{ mm}$$

Kebutuhan tulangan torsi arah longitudinal :

$$\begin{aligned} A1 &= \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yl}} \right) \cdot \cot^2 \theta \\ &= 0,136431 \cdot 1628 \cdot \left(\frac{400}{400} \right) \cdot 1 \\ &= 222,1091 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A1_{\min} &= \frac{5\sqrt{f'c} \cdot Acp}{12 f_{yl}} - \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \\ &= \frac{5\sqrt{29,05} \cdot 240000}{12 \cdot 400} - 0,137 \cdot 1628 \cdot \frac{400}{400} \\ &= 1125,342 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A1 < A1_{\min}$$

Maka digunakan tulangan torsi arah longitudinal sebesar 1125,342 mm²

Dalam pemasangannya, tulangan torsi longitudinal (A1) disebar pada setiap sisi balok. Sehingga A1 pada tiap sisi adalah :

$$\begin{aligned} A1/4 &= 1125,342 / 4 \\ &= 281,3356 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pengecekan ulang tulangan lentur terhadap torsi

Tulangan Lentur Bawah :

$$\begin{aligned} A_s \text{ baru} &= A_s \text{ lentur} + A1/4 \\ &= 784 + 281,3356 = 1065,3356 \text{ mm}^2 \\ A_s \text{ lama} &= (\text{untuk tulangan lentur} = 2-D25) \\ &= 981,7477 \text{ mm}^2 \\ A_s \text{ baru} &> A_s \text{ lama} \end{aligned}$$

Kondisi tulangan lentur 2-D25 kurang mencukupi untuk torsi yang terjadi, sehingga di lakukan perancangan ulang dengan tulangan : 3-D25

$$\begin{aligned} A_{st} &= n \cdot \pi/4 \cdot D^2 \\ &= 3 \cdot \pi/4 \cdot 25^2 = 1472,622 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{st} > A_{s \text{ baru}} \rightarrow \text{OK}$$

Tulangan Lentur Atas :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ baru}} &= A_{s \text{ lentur}} + A_{1/4} \\ &= 3421,373 + 281,3356 = 3702,708 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ lama}} &= (\text{untuk tulangan lentur} = 9\text{-D25}) \\ &= 4417,865 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s \text{ baru}} < A_{s \text{ lama}} \rightarrow \text{OK}$$

Perhitungan Tulangan Samping Akibat Torsi

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= A_{1/4} \\ &= 281,3356 \text{ mm}^2 \\ \text{Dipasang tulangan : } &3\text{-D13} \\ A_{st} &= n \cdot \pi/4 \cdot D^2 \\ &= 3 \cdot \pi/4 \cdot 13^2 = 398,1969 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{st} > A_{s \text{ perlu}} \rightarrow \text{OK}$$

5.3.4.4 Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 19,486 \text{ ton} \\ V_n &= V_u / \phi \\ &= 19,486 / 0,75 = 25,98133 \text{ ton} \\ V_c &= 20,122 \text{ ton} \end{aligned}$$

Pengecekan keperluan tulangan geser :

Kondisi 1 :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi \cdot V_c \\ &< 0,75 \cdot 20,122 \text{ ton} \\ &< 15,091 \quad \rightarrow \text{Perlu} \end{aligned}$$

Kondisi 2 :

$$\begin{aligned} V_u &< 5 \cdot \phi \cdot V_c \\ &< 5 \cdot 0,75 \cdot 20,122 \text{ ton} \\ &< 75,4573 \quad \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Kondisi 3 :

$$\begin{aligned} V_u &< 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ &< 0,5 \cdot 0,75 \cdot 20,122 \text{ ton} \\ &< 7,5457 \quad \rightarrow \text{Perlu} \end{aligned}$$

Dikarenakan pada kondisi 1 dan 3 masih tidak memenuhi syarat, maka disimpulkan bahwa diperlukan penambahan tulangan geser.

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= V_n - V_c \\ &= 25,98133 - 20,122 = 5,859 \text{ ton} \\ \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{5,859 \cdot 10000}{400 \cdot 560} = 0,2616 \text{ mm} \\ \frac{A_{v_{\text{tot}}}}{s} &= \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = (2,0,1364306) + 0,2616 \\ &= 0,53444 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan geser D13-300.

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= 2 \cdot \pi/4 \cdot D^2 \cdot f_y \cdot d/s / 10000 \\ &= 2 \cdot \pi/4 \cdot 13^2 \cdot 400 \cdot 560/300 / 10000 \\ &= 19,821 \text{ ton} \end{aligned}$$

Nilai V_s terpasang tidak boleh melebihi nilai V_s + torsi yang dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 V_s + \text{torsion} &= \frac{A_{v_{\text{tot}}}}{s} \cdot f_y \cdot d \\
 &= 0,53444 \cdot 400 \cdot 560/10000 \\
 &= 11,9715 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$V_s \text{ terpasang} > V_s + \text{torsion} \quad \rightarrow \text{OK}$$

5.3.5 Perencanaan Pile Cap Platform

5.3.5.1 Pile Cap Tiang Miring

Data perencanaan :

Panjang (bx)	= 2000 mm
Lebar (by)	= 2500 mm
Tebal poer (h)	= 1500 mm
Tebal selimut (p)	= 100 mm
Tebal efektif (d)	= h – p
	= 1500 – 100
	= 1400 mm
m	= $f_y / (0,85 \cdot f_c')$
	= $400 \text{ MPa} / (0,85 \cdot 29,05 \text{ MPa})$
	= 16,199
ϕ	= 0,8

Mutu beton :

K	= 350 kg/cm ²
f_c'	= 29.05 MPa
β	= $0,85 - (0,008 \cdot (f_c' - 30))$
	= $0,85 - (0,008 \cdot (29,05 - 30))$
	= 0,8576
E_b	= $4700\sqrt{f_c'}$
	= $4700\sqrt{29,05}$
	= 25332,08

Mutu baja :

f_y	= 400 MPa
E_s	= 200000 MPa

Dari analisa struktur yang telah dilaksanakan dengan menggunakan program SAP 2000, di dapatkan momen seperti yang disajikan dalam **tabel 5.14**.

Tabel 5. 14 Gaya pada pile cap platform

Arah	Besar (ton.m)
X	121,357
Y	19,522

Perhitungan Tulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1213570000 \text{ N.mm} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 1213570000 / 0,8 = 1516962500 \text{ N.mm} \\
 R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
 &= 1516962500 / (1000 \cdot 1400^2) \\
 &= 0,774 \\
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\
 &= 1,4 / 400 \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_{c'}}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 \\
 &= 0,0238 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 0,774}{400}} \right) \\
 &= 0,00197
 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 1400 \\ &= 4900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba menggunakan tulangan D25 - 100

Tulangan terpasang :

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 4908,739 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 4908,739 \cdot 400 \\ &= 1963495 \text{ N} \\ a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\ &= 1963495 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\ &= 79,518 \text{ mm} \\ \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\ &= 0,8 \cdot 1963495 \cdot (1400 - 79,518 / 2) \\ &= 2136661656 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$$

Perhitungan Tulangan Arah Y

$$\begin{aligned} M_u &= 1195220000 \text{ N.mm} \\ M_n &= M_u / \phi \\ &= 1195220000 / 0,8 = 1494025000 \text{ N.mm} \\ R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 1494025000 / (1000 \cdot 1400^2) \\ &= 0,7623 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 1,4/f_y \\ &= 1,4/400 \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,03176\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,03176 \\ &= 0,02382\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 0,7623}{400}} \right) \\ &= 0,00194\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 1400 \\ &= 4900 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dicoba menggunakan tulangan D25 - 100

Tulangan terpasang :

$$\begin{aligned}A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 4908,739 \text{ mm}^2\end{aligned} \quad \mathbf{A_{st} > A_s \rightarrow OK}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 4908,739 \cdot 400 \\ &= 1963495 \text{ N} \\ a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1963495 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\
 &= 79,51789 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 1963495 \cdot (1400 - 79,51789/2) \\
 &= 2136661656 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$$

Perhitungan Geser pons

$$\begin{aligned}
 P &= 153,98 \text{ ton} \\
 D_{\text{tiang}} &= 800 \text{ mm} \\
 d' &= h - p - 0,5D \\
 &= 1500 - 100 - 0,5 \cdot 25 = 1387,5 \text{ mm} \\
 b_o &= \text{keliling dari penampang kritis} \\
 &= 4 (0,5d + D_{\text{tiang}} + 0,5d) \\
 &= 4 (0,5 \cdot 1387,5 + 25 + 0,5 \cdot 1387,5) = 8750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser penampang kritis :

$$\begin{aligned}
 \sigma_u &= P/A = 153980 / (2 \cdot 2,5) = 192475 \text{ kg/m}^2 \\
 V_u &= \sigma_u (\text{luas total} - \text{luas pons}) \\
 &= \sigma_u ((b_x \cdot b_y) - (0,5d' + D_{\text{tiang}} + 0,5d')^2) \\
 &= 192475 ((2000 \cdot 2500) - \\
 &\quad (0,5 \cdot 1387,5 + 800 + 0,5 \cdot 1387,5)^2) \\
 &= 41352,05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek kuat geser pons

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{c'}}}{6} b_o \cdot d$$

Di mana β_c adalah rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom = $2,5/2 = 1,25$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{2}{1,25}\right) \frac{\sqrt{29,05}}{6} 8750 \cdot 1387,5 \\
 &= 26304688 \text{ N} \\
 \phi V_c &= 0,6 \cdot V_c = 15782813 \text{ N}
 \end{aligned}$$

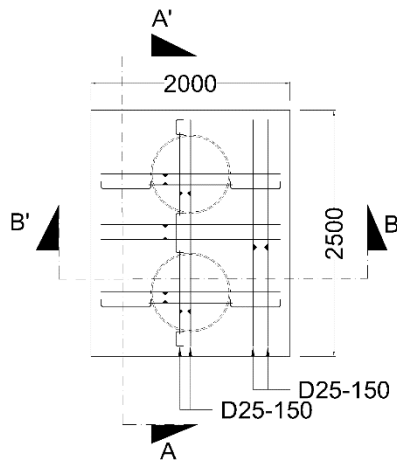
$\phi V_c > V_u$, sehingga pile cap tidak memerlukan tulangan geser.

Kontrol dimensi :

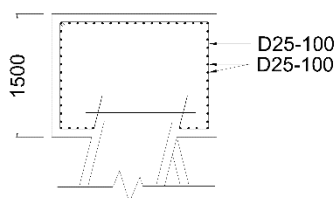
$$V_n = \frac{1}{18} \left(10 + \frac{l_n}{d} \right) \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{1}{18} \left(10 + \frac{2000/2}{1387,5} \right) \sqrt{29,05} \cdot 2000 \cdot 1387,5 \\ &= 8908150 \text{ N} \end{aligned}$$

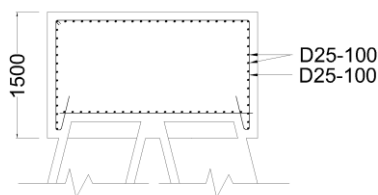
$V_n > V_u$, sehingga dimensi pile cap memenuhi syarat terhadap geser pons.



Gambar 5. 19 Penulangan pile cap platform tiang miring



Gambar 5. 20 Potongan A - A'



Gambar 5. 21 Potongan B - B'

5.3.5.2 Pile Cap Tiang Tegak

Data perencanaan :

Panjang (bx) = 1500 mm

Lebar (by) = 1500 mm

Tebal poer (h) = 1000 mm

Tebal selimut (p) = 100 mm

Tebal efektif (d) = $h - p$
 $= 1000 - 100$
 $= 900 \text{ mm}$

$m = f_y / (0,85 \cdot f_c')$
 $= 400 \text{ MPa} / (0,85 \cdot 29,05 \text{ MPa})$

$$\begin{aligned} &= 16,199 \\ \phi &= 0,8 \end{aligned}$$

Mutu beton :

$$\begin{aligned} K &= 350 \text{ kg/cm}^2 \\ f_c' &= 29,05 \text{ MPa} \\ \beta &= 0,85 - (0,008 \cdot (f_c' - 30)) \\ &= 0,85 - (0,008 \cdot (29,05 - 30)) \\ &= 0,8576 \\ E_b &= 4700\sqrt{f_c'} \\ &= 4700\sqrt{29,05} \\ &= 25332,08 \end{aligned}$$

Mutu baja :

$$\begin{aligned} f_y &= 400 \text{ MPa} \\ E_s &= 200000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dari analisa struktur yang telah dilaksanakan dengan menggunakan program SAP 2000, di dapatkan momen seperti yang disajikan dalam tabel :

Tabel 5. 15 Momen pada pile cap platform

Arah	Besar (ton.m)
X	2,795
Y	2,795

Perhitungan Tulangan Arah X = Y

$$\begin{aligned} M_u &= 27950000 \text{ N.mm} \\ M_n &= M_u / \phi \\ &= 27950000 / 0,8 = 34937500 \text{ N.mm} \\ R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 34937500 / (1000 \cdot 900^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0431 \\
 \rho_{\min} &= 1,4/f_y \\
 &= 1,4/400 \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta_{fy} \cdot \left(\frac{f_{c'}}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 \\
 &= 0,0238 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 0,0431}{400}} \right) \\
 &= 0,00011
 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 900 \\
 &= 3150 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba menggunakan tulangan D25 - 150

Tulangan terpasang :

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot \frac{1000}{150} \\
 &= 3272,492 \text{ mm}^2
 \end{aligned}
 \qquad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 3272,492 \cdot 400
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1308997 \text{ N} \\
 a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
 &= 1308997 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\
 &= 35,34 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 1308997 \cdot (900 - 35,34 / 2) \\
 &= 923973144 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \quad \rightarrow \text{OK}$$

Perhitungan Geser pons

$$\begin{aligned}
 P &= 12,87 \text{ ton} \\
 D_{\text{tiang}} &= 800 \text{ mm} \\
 d' &= h - p - 0,5D \\
 &= 1000 - 100 - 0,5 \cdot 25 = 887,5 \text{ mm} \\
 b_o &= \text{keliling dari penampang kritis} \\
 &= 4 (0,5d + D_{\text{tiang}} + 0,5d) \\
 &= 4 (0,5 \cdot 887,5 + 25 + 0,5 \cdot 887,5) = 6750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser penampang kritis :

$$\begin{aligned}
 \sigma_u &= P/A = 12870 / (1,5 \cdot 1,5) = 12870 \text{ kg/m}^2 \\
 V_u &= \sigma_u (\text{luas total} - \text{luas pons}) \\
 &= \sigma_u ((b_x \cdot b_y) - (0,5d' + D_{\text{tiang}} + 0,5d')^2) \\
 &= 12870 ((1500 \cdot 1500) - \\
 &\quad (0,15 \cdot 887,5 + 800 + 0,5 \cdot 887,5)^2) \\
 &= -7691,84 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek kuat geser pons

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_o \cdot d$$

Di mana β_c adalah rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom = $1,5 / 1,5 = 1$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{29,05}}{6} 6450 \cdot 887,5 \\
 &= 12979688 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot V_c = 7787813 \text{ N}$$

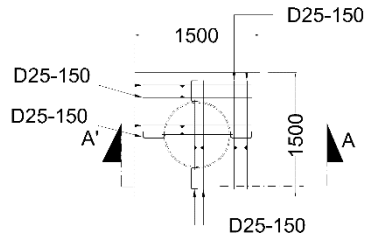
$\phi V_c > V_u$, sehingga pile cap tidak memerlukan tulangan geser.

Kontrol dimensi :

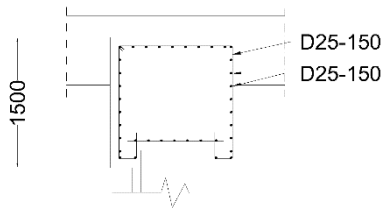
$$V_n = \frac{1}{18} \left(10 + \frac{ln}{d} \right) \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{1}{18} \left(10 + \frac{1500/2}{887,5} \right) \sqrt{29,05} \cdot 1500 \cdot 887,5 \\ &= 4323073 \text{ N} \end{aligned}$$

$V_n > V_u$, sehingga dimensi pile cap memenuhi syarat terhadap geser pons.



Gambar 5. 22 Penulangan pile cap platform tiang tegak



Gambar 5. 23 Potongan A - A'

5.3.6 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas untuk Tiang Pancang Miring

Data perencanaan :

Lebar pile cap = 2000 mm

Tinggi pile cap = 1000 mm

Cover = 100 mm

d efektif = 884 mm

D tiang = 800 mm

Tebal tiang = 14 mm

D dalam tiang = 772 mm

ϕ = 0,7

f_c' = 29,05

f_y = 400

D. tul pile cap = 32 mm

D. tul tiang = 25 mm

D. tul sengkang = 12 mm

σ_e = 460

tebal las = 5 mm

P kerja = 0 N

5.3.6.1 Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang

$P_{\text{beton dalam tiang}} \geq P_{\text{kerja}}$

$$\begin{aligned} P_{\text{beton}} &= A_{\text{beton}} \cdot 0,85 \cdot \phi \cdot f_c' \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 800^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 29,05 \\ &= 8090728 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_{\text{beton}} > P_{\text{kerja}} \quad \rightarrow \text{OK}$$

5.3.6.2 Kontrol Retak Pile Cap

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot f_c' \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot 29,05 \cdot 2000 \cdot 772 \\ &= 1588196 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat : $P_{\text{kerja}} \leq \phi \cdot 2V_c$

$$0 \text{ N} < 0,7 \cdot 2 \cdot 15888196 \text{ N}$$

$$0 \text{ N} < 2223474 \rightarrow \text{OK}$$

5.3.6.3 Kontrol Kekuatan Las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX dengan tegangan izin tarik las (σ_e) = 460 MPa. Ketebalan las rencana adalah 5 mm. Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} K_l &= \text{keliling las} \times \text{tebal las} \times \sigma_e \\ &= \pi \cdot 800 \cdot 5 \cdot 640 \\ &= 5780530 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$K_l > P_{\text{kerja}}$$

$$5780530 \text{ N} > 0 \text{ N} \rightarrow \text{OK}$$

5.3.6.4 Perhitungan Shear Ring

$$s \cdot f_c' \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot D_d < 0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot D_d$$

$$s < \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot D_d}{\sqrt{f_c'} \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot D_d}$$

$$s < \frac{0,85 \cdot 29,05 \cdot 25}{\sqrt{29,05} \cdot 1/6}$$

$$s < 329,8561 \text{ mm}$$

Di ambil tulangan spiral : $\emptyset 12 - 300$

5.3.6.5 Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas

$$A_s \cdot f_y \text{ tulangan} = P / \phi$$

$$A_s = P / (\phi \cdot f_y \text{ tulangan})$$

$$= 0 \text{ N} / (0,7 \cdot 400)$$

$$= 0 \text{ mm}^2$$

Dikarenakan A_s perlu berdasarkan $P_{\text{kerja}} = 0$, maka diambil A_s perlu = 1 % luas bidang dalam tiang.

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 0,01 \\ &= \frac{1}{4} \pi 772^2 \cdot 0,01 \\ &= 4680,847 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Di gunakan tulangan 10 – D25

$$A_{st} = \frac{1}{4} \pi 25^2 \cdot 10 = 4908,739 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung sesuai dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= db \frac{f_y}{4 \sqrt{f_c'}} \\ &= 25 \frac{400}{4 \sqrt{29,05}} = 463,8387 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dh \text{ min}} &= 0,04 \cdot db \cdot f_y \\ &= 0,04 \cdot 25 \cdot 400 = 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 600 \text{ mm}$

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI – 2847 2013 pasal 14.2** dengan metode sebagai berikut :

$$l_{dh} = \frac{3 f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c'}} db$$

Dengan :

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{3\,400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{29,05}} \cdot 25 \\ &= 1113,213 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 1200 \text{ mm}$

5.3.6.6 Perhitungan Base Plate

Base plate merupakan penahan beton segar saat proses filling tiang dilaksanakan. Base plate direncanakan dengan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm. Sedangkan untuk menahan base plate, digunakan tulangan pengait yang menahan baseplate pada tiang pancang. Berat yang harus dipikul oleh base plate adalah :

$$\begin{aligned} P &= A \text{ dalam tiang } (t_p \cdot B_{\text{baja}} + B_{\text{beton}} \cdot L) \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,772^2 (0,01 \cdot 7850 + 2400 \cdot 2) \\ &= 2283,551 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan pengait baseplate :

$$\begin{aligned} A &= P / \sigma \\ &= 2283,551 / 1600 \\ &= 1,427 \text{ cm}^2 = 142,722 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$ adalah tegangan izin pengait A307 dengan mutu normal.

Kait pakai : 4 Ø12

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 4 \\ &= 452,389 \text{ mm}^2 \end{aligned} \qquad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

5.3.7 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas untuk Tiang Pancang Tegak

Data perencanaan :

Lebar pile cap = 1500 mm

Tinggi pile cap = 1000 mm

Cover	= 100 mm
d efektif	= 887,5 mm
D tiang	= 800 mm
Tebal tiang	= 14 mm
D dalam tiang	= 772 mm
ϕ	= 0,7
f_c'	= 29,05
f_y	= 400
D. tul pile cap	= 25 mm
D. tul tiang	= 25 mm
D. tul sengkang	= 12 mm
σ_e	= 460
tebal las	= 5 mm
P kerja	= 0 N

5.3.7.1 Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang

P beton dalam tiang \geq P kerja

$$\begin{aligned}
 P_{\text{beton}} &= A_{\text{beton}} \cdot 0,85 \cdot \phi \cdot f_c' \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 800^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 29,05 \\
 &= 8090728 \text{ N}
 \end{aligned}$$

P beton > P kerja \rightarrow OK

5.3.7.2 Kontrol Retak Pile Cap

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \\
 &= 1/6 \cdot 29,05 \cdot 1500 \cdot 772 \\
 &= 1195863 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat : } P_{\text{kerja}} &\leq \phi \cdot 2V_c \\
 0 \text{ N} &< 0,7 \cdot 2 \cdot 1195863 \text{ N} \\
 0 \text{ N} &< 1674208 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

5.3.7.3 Kontrol Kekuatan Las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX dengan tegangan izin tarik las (σ_e) = 460 MPa. Ketebalan las rencana adalah 5 mm. Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} K_l &= \text{keliling las} \times \text{tebal las} \times \sigma_e \\ &= \pi \cdot 800 \cdot 5 \cdot 640 \\ &= 5780530 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} K_l &> P \text{ kerja} \\ 5780530 \text{ N} &> 0 \text{ N} \quad \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

5.3.7.4 Perhitungan Shear Ring

$$s \cdot f_c' \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot D_d < 0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot D_d$$

$$s < \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot D_d}{\sqrt{f_c'} \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot D_d}$$

$$s < \frac{0,85 \cdot 29,05 \cdot 25}{\sqrt{29,05} \cdot 1/6}$$

$$s < 329,8561 \text{ mm}$$

Di ambil tulangan spiral : Ø12 – 300

5.3.7.5 Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas

$$A_s \cdot f_y \text{ tulangan} = P / \phi$$

$$\begin{aligned} A_s &= P / (\phi \cdot f_y \text{ tulangan}) \\ &= 0 \text{ N} / (0,7 \cdot 400) \\ &= 0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dikarenakan As perlu berdasarkan P kerja = 0, maka diambil As perlu = 1 % luas bidang dalam tiang.

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 0,01 \\ &= \frac{1}{4} \pi 772^2 \cdot 0,01 \\ &= 4680,847 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Di gunakan tulangan 10 – D25

$$A_{st} = \frac{1}{4} \pi 25^2 \cdot 10 = 4908,739 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung sesuai dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= db \frac{f_y}{4 \sqrt{f_c'}} \\ &= 25 \frac{400}{4 \sqrt{29,05}} = 463,8387 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dh \text{ min}} &= 0,04 \cdot db \cdot f_y \\ &= 0,04 \cdot 25 \cdot 400 = 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 600 \text{ mm}$

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI – 2847 2013 pasal 14.2** dengan metode sebagai berikut :

$$l_{dh} = \frac{3 f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c'}} db$$

Dengan :

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

Sehingga :

$$l_{dh} = \frac{3 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{29,05}} 25$$

$$= 1113,213 \text{ mm}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 1200 \text{ mm}$

5.3.7.6 Perhitungan Base Plate

Base plate merupakan penahan beton segar saat proses filling tiang dilaksanakan. Base plate direncanakan dengan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm. Sedangkan untuk menahan base plate, digunakan tulangan pengait yang menahan base plate pada tiang pancang. Berat yang harus dipikul oleh base plate adalah :

$$\begin{aligned} P &= A \text{ dalam tiang } (t_p \cdot B_{\text{baja}} + B_{\text{beton}} \cdot L) \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,772^2 (0,01 \cdot 7850 + 2400 \cdot 1,5) \\ &= 1721,85 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan pengait baseplate :

$$\begin{aligned} A &= P / \sigma \\ &= 1721,85 / 1600 \\ &= 1,076 \text{ cm}^2 = 107,6156 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$ adalah tegangan izin pengait A307 dengan mutu normal.

Kait pakai : 4 Ø12

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 4 \\ &= 452,389 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

5.4 Perencanaan Mooring Dolphin

Mooring dolphin berfungsi sebagai tempat bertambat kapal, sehingga diperlukan konfigurasi yang sesuai dengan gaya-gaya yang akan bekerja pada mooring agar menghasilkan kinerja yang maksimal. Pada dermaga Sanggata, mooring dolphin direncanakan dengan konfigurasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang (bx)} &= 5000 \text{ mm} \\
 \text{Lebar (by)} &= 6000 \text{ mm} \\
 \text{Tebal poer (h)} &= 1500 \text{ mm} \\
 \text{Tebal selimut (p)} &= 100 \text{ mm} \\
 \text{Dtulangan (D)} &= 25 \text{ mm} \\
 \text{Tebal efektif (d)} &= h - p - D - \frac{1}{2}D \\
 &= 1500 - 100 - 25 - (\frac{1}{2} \cdot 25) \\
 &= 1362,5 \text{ mm} \\
 m &= f_y / (0,85 \cdot f_c') \\
 &= 400 \text{ MPa} / (0,85 \cdot 29,05 \text{ MPa}) \\
 &= 16,1993 \\
 \phi &= 0,8
 \end{aligned}$$

Mutu beton :

$$\begin{aligned}
 K &= 350 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_c' &= 29,05 \text{ MPa} \\
 \beta &= 0,85 - (0,008 \cdot (f_c' - 30)) \\
 &= 0,85 - (0,008 \cdot (29,05 - 30)) \\
 &= 0,8576 \\
 E_b &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{29,05} \\
 &= 25332,08
 \end{aligned}$$

Mutu baja :

$$\begin{aligned}
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 E_s &= 200000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

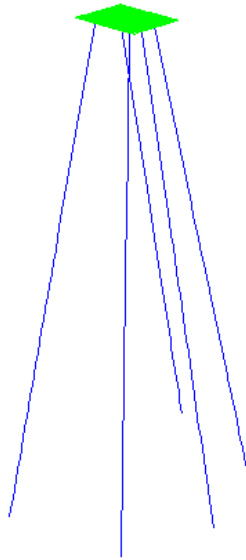
5.4.1 Analisa Pembebanan pada Mooring Dolphin

Pembebanan pada mooring dolphin telah dijelaskan pada subbab 4.7.3 dengan rincian :

- Beban sendiri lantai beton
- Beban air hujan
- Beban bollard

- Beban gempa seperti yang telah dibahas pada Bab 4.7.2.2
- Beban tarikan bollard yang telah di bahas pada subbab 4.6.1

Sehingga permodelan mooring di SAP 2000 adalah sebagai berikut :



Gambar 5. 24 Permodelan mooring dolphin

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, di dapatkan momen pada mooring dolphin seperti yang disajikan pada **tabel 5.16** berikut.

Tabel 5. 16 Momen pada mooring dolphin

Arah	Besar (ton.m)
Y	37,16432
X	25,46634

5.4.2 Perencanaan Penulangan Mooring Dolphin

Mooring dolphin yang berbentuk pile cap dihitung sebagai plat dengan memeriksa :

$$h/b = 1,5/5 = 0,3 < 0,5 \quad \rightarrow \text{dianalisa sebagai plat}$$

5.4.2.1 Perhitungan Tulangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 M_u &= 37,16432 \text{ ton.m} \\
 &= 371643200 \text{ N.mm} \\
 M_n &= M_u/\phi \\
 &= 371643200/0,8 = 464554000 \text{ N.mm} \\
 R_n &= M_n/(b.d^2) \\
 &= 464554000 / (1000.1362,5^2) \\
 &= 0,25 \\
 \rho_{\min} &= 1,4/f_y \\
 &= 1,4/400 \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600+400} \right) \\
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 \\
 &= 0,0238 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{11,34} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 0,25}{400}} \right)$$

$$= 0,0006288$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 1362,5 \\ &= 4768,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak terjauh maksimum antar tulangan adalah :

$$\begin{aligned} s &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 1000}{4768,75} = 102,9355 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D25 - 100

Tulangan terpasang :

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 4908,7385 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 4908,7385 \cdot 400 \\ &= 1963495,408 \text{ N} \\ a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\ &= 1963495,408 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\ &= 79,5179 \text{ mm} \\ \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\ &= 0,8 \cdot 1963495,408 (1362,5 - 79,52/2) \\ &= 2077756793 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$$

5.4.2.2 Perhitungan Tulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 M_u &= 25,46634 \text{ ton.m} \\
 &= 254663400 \text{ N.mm} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 254663400 / 0,8 = 318329250 \text{ N.mm} \\
 R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
 &= 318329250 / (1000 \cdot 1362,5^2) \\
 &= 0,17148 \\
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\
 &= 1,4 / 400 \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 \\
 &= 0,02382 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,34} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 0,017}{400}} \right) \\
 &= 0,0001021
 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,005 \cdot 1000 \cdot 1362,5 \\
 &= 4768,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak terjauh maksimum antar tulangan adalah :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 1000}{35062,5} = 102,9355 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D25 - 100

Tulangan terpasang :

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 4908,7385 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 4908,7385 \cdot 400 \\ &= 1963495,408 \text{ N} \\ a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\ &= 1963495,408 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\ &= 79,5179 \text{ mm} \\ \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\ &= 0,8 \cdot 1963495,408 \cdot (1362,5 - 79,52/2) \\ &= 2077756793 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$$

5.4.3 Kontrol Geser Pons

$$\begin{aligned} P &= 123260 \text{ kg} \\ D_{\text{tiang}} &= 800 \text{ mm} \\ d' &= h - p - 0,5D \\ &= 1500 - 100 - 0,5 \cdot 25 = 1387,5 \text{ mm} \\ b_o &= \text{keliling dari penampang kritis} \\ &= 4 (0,5d + D_{\text{tiang}} + 0,5d) \\ &= 4 (0,5 \cdot 1387,5 + 25 + 0,5 \cdot 1387,5) = 8750 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya geser penampang kritis :

$$\begin{aligned} \sigma_u &= P/A = 123260 / (6 \cdot 8) = 164346,7 \text{ kg/m}^2 \\ V_u &= \sigma_u (\text{luas total} - \text{luas pons}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sigma_u ((b_x \cdot b_y) - (0,5d' + D_{\text{tiang}} + 0,5d')^2) \\
&= 164346,7 ((6000 \cdot 8000) - \\
&\quad (0,15 \cdot 1387,5 + 800 + 0,5 \cdot 1387,5)^2) \\
&= 7102216 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Cek kuat geser pons

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_o \cdot d$$

Di mana β_c adalah rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom = $8/6 = 1,33$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
V_c &= \left(1 + \frac{2}{1,33}\right) \frac{\sqrt{29,05}}{6} 8750 \cdot 1387,5 \\
&= 26304688 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot V_c = 15782813 \text{ N}$$

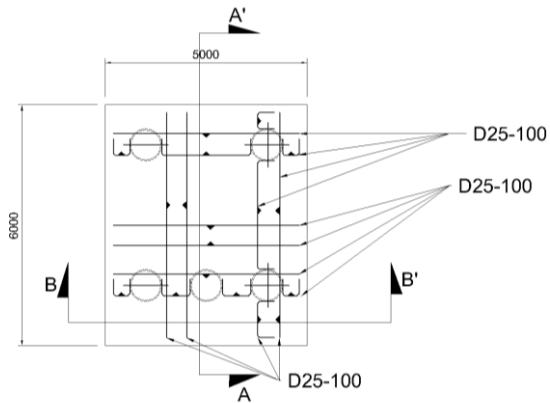
$\phi V_c > V_u$, sehingga pile cap tidak memerlukan tulangan geser.

Kontrol dimensi :

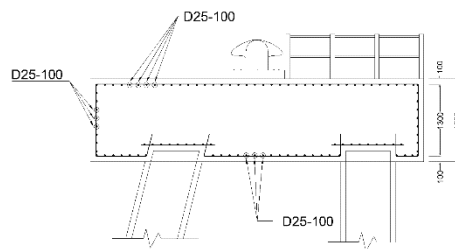
$$V_n = \frac{1}{18} \left(10 + \frac{l_n}{d}\right) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$\begin{aligned}
V_n &= \frac{1}{18} \left(10 + \frac{6000/2}{1387,5}\right) \sqrt{29,05} \cdot 6000 \cdot 1387,5 \\
&= 30317654 \text{ N}
\end{aligned}$$

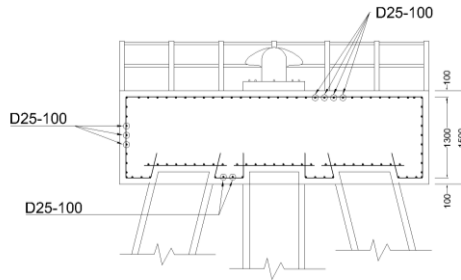
$V_n > V_u$, sehingga dimensi pile cap memenuhi syarat terhadap geser pons.



Gambar 5. 25 Penulangan mooring dolphin



Gambar 5. 26 Potongan A - A'



Gambar 5. 27 Potongan B - B'

5.4.4 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas pada Mooring Dolphin

Data perencanaan :

Lebar pile cap = 5000 mm

Tinggi pile cap = 1500 mm

Cover = 100 mm

d efektif = 1387,5 mm

D tiang = 800 mm

Tebal tiang = 14 mm

D dalam tiang = 772 mm

ϕ = 0,7

f_c' = 29,05

f_y = 400

D. tul pile cap = 25 mm

D. tul tiang = 25 mm

D. tul sengkang = 12 mm

σ_e = 460

tebal las = 5 mm

P kerja = 226789 N

5.4.4.1 Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang

$P_{\text{beton dalam tiang}} \geq P_{\text{kerja}}$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{beton}} &= A_{\text{beton}} \cdot 0,85 \cdot \phi \cdot f_c' \\
 &= \frac{1}{4} \pi \cdot 800^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 29,05 \\
 &= 8090728 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$P_{\text{beton}} > P_{\text{kerja}} \quad \rightarrow \text{OK}$$

5.4.4.2 Kontrol Retak Pile Cap

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \\
 &= 1/6 \cdot 29,05 \cdot 5000 \cdot 1387,5 \\
 &= 6231962 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat : } P_{\text{kerja}} &\leq \phi \cdot 2V_c \\
 226789 \text{ N} &< 0,7 \cdot 2 \cdot 6231962 \text{ N} \\
 226789 \text{ N} &< 8724747 \text{ N} \quad \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

5.4.4.3 Kontrol Kekuatan Las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX dengan tegangan izin tarik las (σ_e) = 460 MPa. Ketebalan las rencana adalah 5 mm. Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 K_l &= \text{keliling las} \times \text{tebal las} \times \sigma_e \\
 &= \pi \cdot 800 \cdot 5 \cdot 640 \\
 &= 5780530 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat :} \\
 K_l &> P_{\text{kerja}} \\
 5780530 \text{ N} &> 226789 \text{ N} \quad \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

5.4.4.4 Perhitungan Shear Ring

$$s \cdot f_c' \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot D_d < 0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot D_d$$

$$s < \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot D_d}{\sqrt{f_c'} \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot D_d}$$

$$s < \frac{0,85 \cdot 29,05 \cdot 25}{\sqrt{29,05} \cdot 1/6}$$

$$s < 329,8561 \text{ mm}$$

Di ambil tulangan spiral : Ø12 – 300

5.4.4.5 Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas

$$As \cdot fy \text{ tulangan} = P / \phi$$

$$\begin{aligned} As &= P / (\phi \cdot fy \text{ tulangan}) \\ &= 226789 \text{ N} / (0,7 \cdot 400) \\ &= 11152,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Di gunakan tulangan 23 – D25

$$Ast = \frac{1}{4} \pi 25^2 \cdot 23 = 11290,1 \text{ mm}^2 \quad Ast > As \rightarrow \text{OK}$$

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung sesuai dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} ldh &= db \frac{fy}{4 \sqrt{fc'}} \\ &= 25 \frac{400}{4 \sqrt{29,05}} = 463,8387 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ldh \text{ min} &= 0,04 \cdot db \cdot fy \\ &= 0,04 \cdot 25 \cdot 400 = 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 600 \text{ mm}$

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI – 2847 2013 pasal 14.2** dengan metode sebagai berikut :

$$ldh = \frac{3 fy \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{fc'}} db$$

Dengan :

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{ldh} &= \frac{3 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{29,05}} \cdot 25 \\ &= 1113,213 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 1200 \text{ mm}$

5.4.4.6 Perhitungan Base Plate

Base plate merupakan penahan beton segar saat proses filling tiang dilaksanakan. Base plate direncanakan dengan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm. Sedangkan untuk menahan base plate, digunakan tulangan pengait yang menahan base plate pada tiang pancang. Berat yang harus dipikul oleh base plate adalah :

$$\begin{aligned} P &= A \text{ dalam tiang } (t_p \cdot B_{\text{baja}} + B_{\text{beton}} \cdot L) \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,772^2 (0,01 \cdot 7850 + 2400 \cdot 5) \\ &= 5653,762 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan pengait baseplate :

$$\begin{aligned} A &= P / \sigma \\ &= 5653,762 / 1600 \\ &= 3,534 \text{ cm}^2 = 353,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$ adalah tegangan izin pengait A307 dengan mutu normal.

Kait pakai : 4 Ø12

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 4 \\ &= 452,389 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

5.5 Perencanaan Berthing Dolphin

Berthing Dolphin merupakan bagian dermaga yang berfungsi sebagai tempat sandaran kapal. Berthing dolphin yang direncanakan dalam dermaga ini memiliki konfigurasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Panjang (bx)} &= 5000 \text{ mm} \\ \text{Lebar (by)} &= 6000 \text{ mm} \\ \text{Tebal poer (h)} &= 1500 \text{ mm} \\ \text{Tebal selimut (p)} &= 100 \text{ mm} \\ \text{Dtulangan (D)} &= 25 \text{ mm} \\ \text{Tebal efektif (d)} &= h - p - D - \frac{1}{2}D \\ &= 1500 - 100 - 25 - (\frac{1}{2}.25) \\ &= 1362,5 \text{ mm} \\ m &= f_y / (0,85 \cdot f_c') \\ &= 280 \text{ MPa} / (0,85 \cdot 29,05 \text{ MPa}) \\ &= 11,33948 \\ \phi &= 0,8\end{aligned}$$

Mutu beton :

$$\begin{aligned}K &= 350 \text{ kg/cm}^2 \\ f_c' &= 29,05 \text{ MPa} \\ \beta &= 0,85 - (0,008 \cdot (f_c' - 30)) \\ &= 0,85 - (0,008 \cdot (29,05 - 30)) \\ &= 0,8576 \\ E_b &= 4700\sqrt{f_c'} \\ &= 4700\sqrt{29,05} \\ &= 25332,08\end{aligned}$$

Mutu baja :

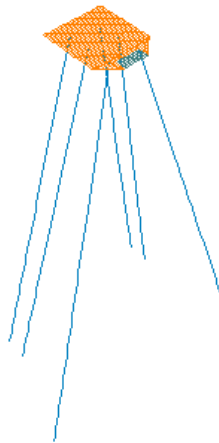
$$\begin{aligned}f_y &= 280 \text{ MPa} \\ E_s &= 200000 \text{ MPa}\end{aligned}$$

5.5.1 Analisa Pembebanan pada Berthing Dolphin

Pembebanan pada berthing dolphin telah dijelaskan pada subbab 4.7.4 dengan rincian :

- Beban sendiri lantai beton
- Beban air hujan
- Berat sendiri fender
- Beban gempa
- Beban bollard 20 ton
- Beban reaksi fender

Sehingga permodelan berthing dolphin pada SAP 2000 adalah sebagai berikut :



Gambar 5. 28 Permodelan berthing dolphin

Berdasarkan analisa yang dilakukan, di dapat momen pada berthing dolphin adalah seperti pada **tabel 5.17** berikut.

Tabel 5. 17 Momen pada berthing dolphin

Arah	Besar (ton.m)
Y	96,55362
X	72,59540

5.5.2 Perencanaan Penulangan Berthing Dolphin

Berthing dolphin yang berbentuk pile cap dihitung sebagai plat dengan memeriksa :

$$h/b = 1,5/6 = 0,25 < 0,5 \quad \rightarrow \text{dianalisa sebagai plat}$$

5.5.2.1 Perhitungan Tulangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 \text{Mu} &= 37,16432 \text{ ton.m} \\
 &= 371643200 \text{ N.mm} \\
 \text{Mn} &= \text{Mu}/\phi \\
 &= 371643200/0,8 = 464554000 \text{ N.mm} \\
 \text{Rn} &= \text{Mn}/(b.d^2) \\
 &= 464554000 / (1000.1362,5^2) \\
 &= 0.050049 \\
 \rho_{\min} &= 1,4/f_y \\
 &= 1,4/280 \\
 &= 0,005 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+390} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{280} \cdot \left(\frac{600}{600+280} \right) \\
 &= 0,05157 \\
 \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,03867 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,34} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,34 \cdot 0,05}{280}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,0001789$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 5000 \cdot 1362,5 \\ &= 4768,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak terjauh maksimum antar tulangan adalah :

$$\begin{aligned} s &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 5000}{4768,75} = 102,94 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D25 - 100

Tulangan terpasang :

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 4908,73 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 4908,73 \cdot 400 \\ &= 1963495,408 \text{ N} \\ a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\ &= 1963495,408 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\ &= 79,518 \text{ mm} \\ \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\ &= 0,8 \cdot 1963495,408 (1362,5 - 79,52/2) \\ &= 2077756793 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$$

5.5.2.2 Perhitungan Tulangan Arah X

$$M_u = 96,553618 \text{ ton.m}$$

$$\begin{aligned}
&= 965536180 \text{ N.mm} \\
M_n &= M_u / \phi \\
&= 965536180 / 0,8 = 1206920225 \text{ N.mm} \\
R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
&= 965536180 / (1000 \cdot 1362,5^2) \\
&= 0,65 \\
\rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\
&= 1,4 / 280 \\
&= 0,005 \\
\rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
&= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
&= 0,05157 \\
\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
&= 0,03867 \\
\rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{11,34} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,34 \cdot 0,65}{400}} \right) \\
&= 0,001647
\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
&= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 1362,5 \\
&= 4768,75 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Jarak terjauh maksimum antar tulangan adalah :

$$\begin{aligned}
s &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_s} \\
&= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 1000}{4768,75} = 102,936 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D25 - 100

Tulangan terpasang :

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot \frac{1000}{100} \\
 &= 4908,736 \text{ mm}^2 \qquad \qquad \qquad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 4908,736 \cdot 400 \\
 &= 1963495,408 \text{ N} \\
 a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
 &= 1963495,408 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\
 &= 79,518 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d_x - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 1963495,408 (1362,5 - 79,52/2) \\
 &= 2077756793 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \qquad \rightarrow \text{OK}$$

5.5.3 Kontrol Geser Pons

$$\begin{aligned}
 P &= 261960 \text{ kg} \\
 D_{\text{tiang}} &= 800 \text{ mm} \\
 d' &= h - p - 0,5D \\
 &= 1500 - 100 - 0,5 \cdot 25 = 1387,5 \text{ mm} \\
 b_o &= \text{keliling dari penampang kritis} \\
 &= 4 (0,5d + D_{\text{tiang}} + 0,5 d) \\
 &= 4 (0,5 \cdot 1387,5 + 25 + 0,5 \cdot 1387,5) = 8750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser penampang kritis :

$$\begin{aligned}
 \sigma_u &= P/A = 261960 / (5 \cdot 6) = 314352 \text{ kg/m}^2 \\
 V_u &= \sigma_u (\text{luas total} - \text{luas pons}) \\
 &= \sigma_u ((b_x \cdot b_y) - (0,5d' + D_{\text{tiang}} + 0,5d')^2) \\
 &= 314352 ((5000 \cdot 6000) - \\
 &\quad (0,15 \cdot 1387,5 + 800 + 0,5 \cdot 1387,5)^2)
 \end{aligned}$$

$$= 7926337 \text{ kg}$$

Cek kuat geser pons

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_o \cdot d$$

Di mana β_c adalah rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom = $6/5 = 1,2$

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{2}{1,2}\right) \frac{\sqrt{29,05}}{6} 8750 \cdot 1387,5 \\ &= 26304688 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot V_c = 15782813 \text{ N}$$

$\phi V_c > V_u$, sehingga pile cap tidak memerlukan tulangan geser.

Kontrol dimensi :

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{1}{18} \left(10 + \frac{l_n}{d}\right) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ V_n &= \frac{1}{18} \left(10 + \frac{5000/2}{1387,5}\right) \sqrt{29,05} \cdot 5000 \cdot 1387,5 \\ &= 24516128 \text{ N} \end{aligned}$$

$V_n > V_u$, sehingga dimensi pile cap memenuhi syarat terhadap geser pons

5.5.4 Penulangan Balok Fender

Data Perencanaan :

b = lebar plat ditinjau = 1000 mm

h = tebal plat = 1000 mm

p = tebal selimut beton = 100 mm

d = tebal efektif = $h - p = 900$ mm

$\phi = 0,8$

$m = f_y / (0,85 \cdot f_c')$

$$= 466 / (0,85 \cdot 29,05) = 16,199$$

Mutu beton :

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 29,05 \text{ MPa} \\
 \beta &= 0,85 - (0,008(29,05 - 30 \text{ MPa})) \\
 &= 0,8576
 \end{aligned}$$

Mutu baja :

$$\begin{aligned}
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 E_s &= 200.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= 411630000 \text{ N.mm} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 643171875 / 0,75 \\
 &= 514537500 \text{ N.mm} \\
 R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
 &= 514537500 / (1000 \cdot 900^2) \\
 &= 0,6352 \\
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\
 &= 1,4 / 400 \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 \\
 &= 0,0238 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 0,6352}{400}} \right) \\
 &= 0,00161
 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 900 \\
 &= 3150 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan diameter D25 - 150

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_s^2 \cdot \frac{b}{s} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot \frac{1000}{150} \\
 &= 3272,49 \quad \quad \quad \mathbf{A_{st} > A_s \rightarrow OK}
 \end{aligned}$$

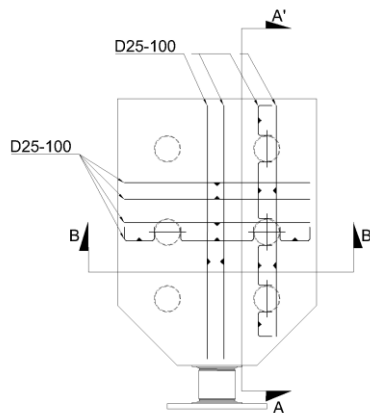
Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 3272,49 \cdot 400 \\
 &= 1308996 \text{ N}
 \end{aligned}$$

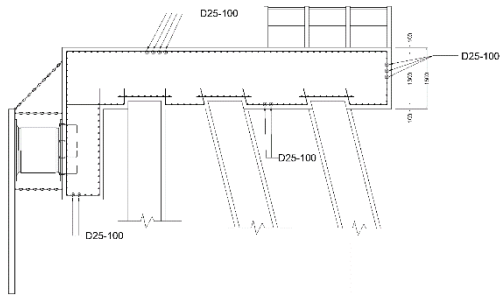
$$\begin{aligned}
 a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
 &= 1308996 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\
 &= 53,012
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 1308996 \cdot (900 - 53,011/2) \\
 &= 914720645 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

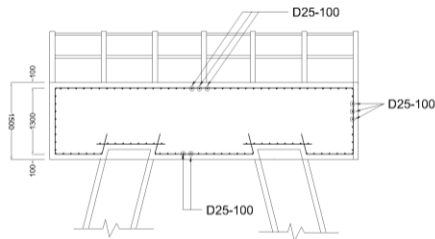
$\phi M_n > M_u \rightarrow OK$



Gambar 5. 29 Penulangan berthing dolphin



Gambar 5. 30 Potongan A - A'



Gambar 5. 31 Potongan B - B'

5.5.5 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas pada Berthing Dolphin

Data perencanaan :

Lebar pile cap = 6000 mm

Tinggi pile cap = 1500 mm

Cover = 100 mm

d efektif = 1387,5 mm

D tiang = 800 mm

Tebal tiang = 14 mm

D dalam tiang = 772 mm

ϕ = 0,7

f_c' = 29,05

f_y = 400

D. tul pile cap = 25 mm
 D. tul tiang = 25 mm
 D. tul sengkang = 12 mm
 σ_e = 460
 tebal las = 5 mm
 P kerja = 0 N

5.5.5.1 Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang

P beton dalam tiang \geq P kerja

$$\begin{aligned}
 P_{\text{beton}} &= A_{\text{beton}} \cdot 0,85 \cdot \phi \cdot f_c' \\
 &= \frac{1}{4} \pi \cdot 800^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 29,05 \\
 &= 8090728 \text{ N}
 \end{aligned}$$

P beton > P kerja \rightarrow OK

5.5.5.2 Kontrol Retak Pile Cap

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \\
 &= 1/6 \cdot 29,05 \cdot 6000 \cdot 1387,5 \\
 &= 6231962 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat : } P_{\text{kerja}} &\leq \phi \cdot 2V_c \\
 0 \text{ N} &< 0,7 \cdot 2 \cdot 6231962 \text{ N} \\
 0 \text{ N} &< 8724747 \text{ N} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

5.5.5.3 Kontrol Kekuatan Las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX dengan tegangan izin tarik las (σ_e) = 460 MPa. Ketebalan las rencana adalah 5 mm. Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 K_l &= \text{keliling las} \times \text{tebal las} \times \sigma_e \\
 &= \pi \cdot 800 \cdot 5 \cdot 640 \\
 &= 5780530 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{array}{lll} K1 & > P \text{ kerja} \\ 5780530 \text{ N} & > 0 \text{ N} & \rightarrow \text{OK} \end{array}$$

5.5.5.4 Perhitungan Shear Ring

$$s \cdot f_c' \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot Dd < 0,85 \cdot f_c' \cdot Dsr \cdot \pi \cdot Dd$$

$$s < \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot Dsr \cdot \pi \cdot Dd}{\sqrt{f_c'} \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot Dd}$$

$$s < \frac{0,85 \cdot 29,05 \cdot 25}{\sqrt{29,05} \cdot 1/6}$$

$$s < 329,8561 \text{ mm}$$

Di ambil tulangan spiral : Ø12 – 300

5.5.5.5 Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas

$$As \cdot f_y \text{ tulangan} = P / \phi$$

$$\begin{aligned} As &= P / (\phi \cdot f_y \text{ tulangan}) \\ &= 0 \text{ N} / (0,7 \cdot 400) \\ &= 0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dikarenakan As perlu berdasarkan P kerja = 0, maka diambil As perlu = 1 % luas bidang dalam tiang.

$$\begin{aligned} As &= 1/4 \pi D^2 \cdot 0,01 \\ &= 1/4 \pi 772^2 \cdot 0,01 \\ &= 4680,847 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Di gunakan tulangan 10 – D25

$$Ast = 1/4 \pi 25^2 \cdot 10 = 4908,739 \text{ mm}^2 \quad Ast > As \rightarrow \text{OK}$$

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung sesuai dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= db \frac{f_y}{4 \sqrt{f_c'}} \\ &= 25 \frac{400}{4 \sqrt{29,05}} = 463,8387 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dh \text{ min}} &= 0,04 \cdot db \cdot f_y \\ &= 0,04 \cdot 25 \cdot 400 = 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 600 \text{ mm}$

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI – 2847 2013 pasal 14.2** dengan metode sebagai berikut :

$$l_{dh} = \frac{3 f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c'}} db$$

Dengan :

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{3 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{29,05}} \cdot 25 \\ &= 1113,213 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 1200 \text{ mm}$

5.5.5.6 Perhitungan Base Plate

Base plate merupakan penahan beton segar saat proses filling tiang dilaksanakan. Base plate direncanakan dengan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm. Sedangkan untuk menahan base plate, digunakan tulangan pengait

yang menahan base plate pada tiang pancang. Berat yang harus dipikul oleh base plate adalah :

$$\begin{aligned} P &= A \text{ dalam tiang } (t_p \cdot B_{\text{baja}} + B_{\text{beton}} \cdot L) \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,772^2 (0,01 \cdot 7850 + 2400 \cdot 5) \\ &= 6777,165 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan pengait baseplate :

$$\begin{aligned} A &= P / \sigma \\ &= 6777,165 / 1600 \\ &= 4,2357 \text{ cm}^2 = 423,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$ adalah tegangan izin pengait A307 dengan mutu normal.

Kait pakai : 4 Ø12

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 4 \\ &= 452,389 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

5.6 Perencanaan Trestle

Trestle berfungsi sebagai jembatan penghubung antara dermaga dan daratan pantai, sehingga panjang trestle yang rencanakan disesuaikan dengan jarak dermaga ke pantai yaitu 990 meter.

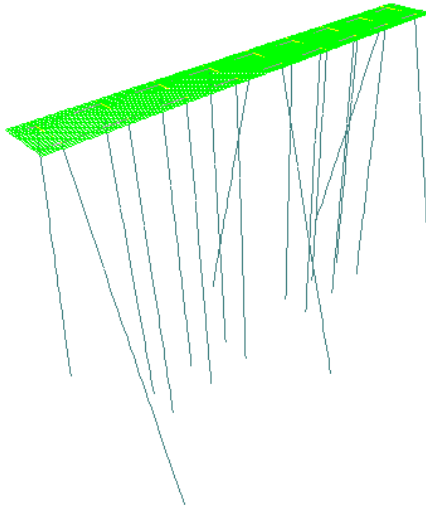
5.6.1 Analisa Pembebanan pada Trestle

Pembebanan pada trestle telah dijelaskan pada subbab 4.7.5 dengan rincian :

- Beban sendiri lantai beton
- Beban air hujan
- Beban angin
- Beban pipa
- Beban dudukan pipa dan komponen pengikat

- Beban curah cair
- Beban pagar pengaman
- Beban gempa

Sehingga permodelan trestle pada SAP 2000 adalah sebagai berikut :



Gambar 5. 32 Permodelan Trestle

5.6.2 Perencanaan Penulangan Plat Lantai Trestle

Penulangan plat lantai dihitung dengan mengambil momen terbesar dari kombinasi beban yang didapat dari hasil analisa menggunakan program SAP 2000. Adapun rekapitulasi momen pada trestle dijelaskan pada **tabel 5.18** berikut.

Tabel 5. 18 Momen pada plat lantai trestle

Momen	Besar (N.mm)
M_{lx}	23800000
M_{ly}	10230000

Mtx	34850000
Mty	17440000

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 b &= \text{lebar plat ditinjau} = 1000 \text{ mm} \\
 h &= \text{tebal plat} = 200 \text{ mm} \\
 p &= \text{tebal selimut beton} = 50 \text{ mm} \\
 d &= \text{tebal efektif} = h - p = 150 \text{ mm} \\
 \phi &= 0,8 \\
 m &= f_y / (0,85 \cdot f_c') \\
 &= 466 / (0,85 \cdot 29,05) = 16,199
 \end{aligned}$$

Mutu beton :

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 29,05 \text{ MPa} \\
 \beta &= 0,85 - (0,008(29,05 - 30 \text{ MPa})) \\
 &= 0,8576
 \end{aligned}$$

Mutu baja :

$$\begin{aligned}
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 E_s &= 200.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

5.6.2.1 Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah X

$$\begin{aligned}
 M_u &= 34850000 \text{ N.mm} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 34850000 / 0,8 \\
 &= 43562500 \text{ N.mm} \\
 R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
 &= 43562500 / (1000 \cdot 150^2) \\
 &= 1,9361 \\
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\
 &= 1,4 / 400 \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
&= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
&= 0,03176 \\
\rho_{maks} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
&= 0,75 \cdot 0,03176 \\
&= 0,0238 \\
\rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 1,9361}{400}} \right) \\
&= 0,00505
\end{aligned}$$

$$\mathbf{P_{maks} > \rho > \rho_{min}}$$

Maka digunakan $\rho = 0,00505$

$$\begin{aligned}
A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
&= 0,00505 \cdot 1000 \cdot 150 \\
&= 756,9835 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Dicoba tulangan diameter D16 - 250

$$\begin{aligned}
A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\
&= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1000}{250} \\
&= 804,2477 \quad \mathbf{A_{st} > A_s \rightarrow OK}
\end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
T &= A_{st} \cdot f_y \\
&= 804,2477 \cdot 400 \\
&= 321699,1 \text{ N} \\
a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
&= 321699,1 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\
&= 13,02821 \\
\phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
&= 0,8 \cdot 321699,1 \cdot (150 - 13,02821/2)
\end{aligned}$$

$$= 36927425 \text{ N.mm}$$

ØMn > Mu → OK

5.6.2.2 Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah Y

$$\text{Mu} = 17440000 \text{ N.mm}$$

$$\text{Mn} = \text{Mu} / \phi$$

$$= 17440000 / 0,8$$

$$= 21800000 \text{ N.mm}$$

$$\text{Rn} = \text{Mn} / (b \cdot d^2)$$

$$= 21800000 / (1000 \cdot 150^2)$$

$$= 0,9689$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y$$

$$= 1,4 / 400$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_{c'}}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,03176$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,03176$$

$$= 0,0238$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 0,03176}{400}} \right)$$

$$= 0,00247$$

$\rho < \rho_{\min}$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\text{As} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 150$$

$$= 525 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan diameter D16 - 250

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1000}{250} \\
 &= 804,2477 \quad \mathbf{A_{st} > A_s \rightarrow OK}
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 804,2477 \cdot 400 \\
 &= 321699,09 \text{ N} \\
 a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
 &= 321699,09 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\
 &= 13,028 \\
 \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 321699,09 \cdot (150 - 13,028/2) \\
 &= 36927425 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$\phi M_n > M_u \rightarrow OK$

5.6.2.3 Perhitungan Tulangan Lapangan Arah X

$$\begin{aligned}
 M_u &= 23800000 \text{ N.mm} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 23800000/0,8 \\
 &= 29750000 \text{ N.mm} \\
 R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
 &= 29750000 / (1000 \cdot 150^2) \\
 &= 1,3222 \\
 \rho_{\min} &= 1,4/f_y \\
 &= 1,4/400 \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600+400} \right) \\
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 \\
 &= 0,0238
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 1,3222}{400}} \right) \\
 &= 0,00340
 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 150 \\
 &= 525 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan diameter D16 - 250

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1000}{250} \\
 &= 804,2477 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 804,2477 \cdot 400 \\
 &= 321699,088 \text{ N} \\
 a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
 &= 321699,088 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\
 &= 13,028 \\
 \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 321699,088 \cdot (150 - 13,028/2) \\
 &= 36927425 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$$

5.6.2.4 Perhitungan Tulangan Lapangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 M_u &= 10230000 \text{ N.mm} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 10230000 / 0,8 \\
 &= 12787500 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
&= 12787500 / (1000 \cdot 150^2) \\
&= 0,5683 \\
\rho_{\min} &= 1,4/f_y \\
&= 1,4/400 \\
&= 0,0035 \\
\rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\
&= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600+400} \right) \\
&= 0,03176 \\
\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
&= 0,75 \cdot 0,03176 \\
&= 0,0238 \\
\rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{16,199} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 0,5683}{400}} \right) \\
&= 0,00144
\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
&= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 150 \\
&= 525 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Dicoba tulangan diameter D16 - 250

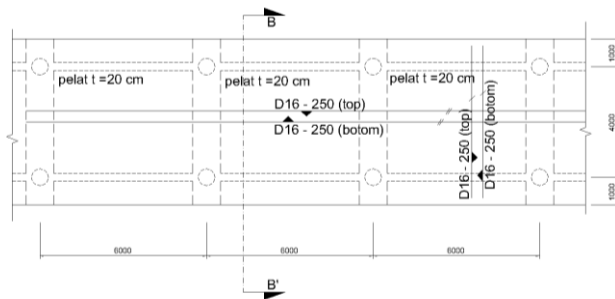
$$\begin{aligned}
A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\
&= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1000}{250} \\
&= 804,2477 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$

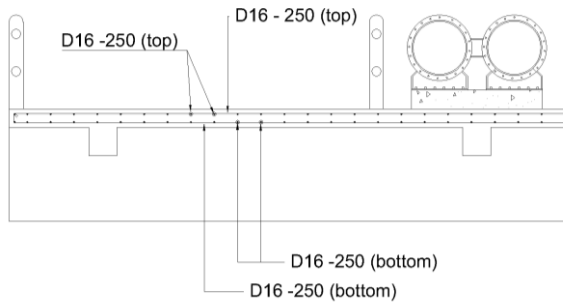
Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
T &= A_{st} \cdot f_y \\
&= 804,2477 \cdot 400
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 321699,1 \text{ N} \\
 a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
 &= 321699,1 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000) \\
 &= 13,02821 \\
 \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 321699,1 \cdot (150 - 13,02821/2) \\
 &= 36927425 \quad \phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 33 Penulangan plat lantai trestle

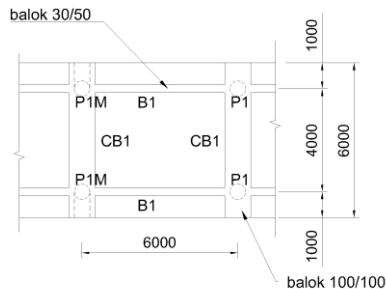


Gambar 5. 34 Potongan B - B'

5.6.3 Perencanaan Balok Trestle

Balok pada trestle terdiri dari balok melintang (cap beam), balok kantilever kanan dan kiri, serta balok memanjang.

Penulangan balok diketahui dengan perhitungan tulangan lentur, torsi dan geser akibat gaya-gaya yang terjadi. Adapun lay out pembalokan trestle dapat dilihat pada gambar



Gambar 5. 35 Layout pembalokan trestle

Di bawah ini ditampilkan contoh perhitungan balok memanjang trestle.

Data perencanaan :

Lebar (b) = 300 mm

Tinggi (h) = 500 mm

Selimut beton (p) = 40 mm

ϕ lentur = 0,8

ϕ torsi = 0,75

ϕ geser = 0,75

Mutu beton :

K = 350 kg/cm²

fc' = 29.05 MPa

$\beta = 0,85 - (0,008 \cdot (fc' - 30))$
 $= 0,85 - (0,008 \cdot (29,05 - 30))$
 $= 0,8576$

E_b = 4700√fc'

$$= 4700\sqrt{29,05}$$

$$= 25332,08$$

Mutu baja :

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Dalam perencanaan yang dilakukan, digunakan gaya dalam yang merupakan output SAP 2000 seperti yang disajikan dalam **tabel 5.19** berikut.

Tabel 5. 19 Gaya pada balok trestle

Gaya	Kombinasi	Besar
M_{tum} (ton.m)	EQX ultimit	-18,002
M_{lap} (ton.m)	EQX ultimit	7,428
V_u (ton)	EQX ultimit	4,712
T_u (ton.m)	EQX ultimit	0,005

5.6.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur Tumpuan

$$M_u = 18,002 \text{ ton.m}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 18,002 / 0,8$$

$$= 22,5025 \text{ ton.m} = 225025000 \text{ N.mm}$$

$$d = h - p$$

$$= 500 - 40 = 460 \text{ mm}$$

$$m = f_y / (0,85 \cdot f_c')$$

$$= 400 / (0,85 \cdot 29,05) = 16,1993$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2)$$

$$= 225025000 / (400 \cdot 460^2) = 3,5448$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y$$

$$= 1,4 / 400 = 0,0035$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\begin{aligned}
&= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600+400} \right) \\
&= 0,03176 \\
\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
&= 0,75 \cdot 0,03176 = 0,0238 \\
\rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{11,34} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,1993 \cdot 3,5448}{400}} \right) \\
&= 0,0096
\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0096$

$$\begin{aligned}
A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
&= 0,0096 \cdot 300 \cdot 460 \\
&= 1326,19 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Diambil tulangan 5-D19

$$\begin{aligned}
A_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\
&= \pi/4 \cdot 19^2 \cdot 5 = 1417,64 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}
T &= A_{st} \cdot f_y \\
&= 1417,64 \cdot 400 = 567057 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
&= 567057 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 400) \\
&= 76,4592 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
&= 0,8 \cdot 567057 \cdot (460 - 76,4592/2) \\
&= 191314028 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$$

5.6.3.2 Perhitungan Tulangan Lentur Lapangan

$$M_u = 7,428 \text{ ton.m}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 7,428 / 0,8 \\
 &= 9,285 \text{ ton.m} = 92850000 \text{ N.mm} \\
 d &= h - p \\
 &= 500 - 40 = 460 \text{ mm} \\
 m &= f_y \cdot (0,85 \cdot f_c') \\
 &= 400 \cdot (0,85 \cdot 29,05) = 16,1993 \\
 R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\
 &= 92850000 / (400 \cdot 460^2) = 1,4627 \\
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\
 &= 1,4 / 400 = 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8576 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,03176 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03176 = 0,0238 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,34} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,1993 \cdot 1,4627}{400}} \right) \\
 &= 0,0038
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0038$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0038 \cdot 300 \cdot 460 \\
 &= 520,522 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Diambil tulangan 2-D19

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\
 &= \pi/4 \cdot 19^2 \cdot 2 = 567,0575 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}
T &= A_{st} \cdot f_y \\
&= 567,0575 \cdot 400 = 226822,99 \text{ N} \\
a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\
&= 226822,99 / (0,85 \cdot 29,05 \cdot 400) \\
&= 30,6197 \text{ mm} \\
\phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
&= 0,8 \cdot 226822,99 (460 - 30,6197/2) \\
&= 80692761 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \quad \rightarrow \text{OK}$$

5.6.3.3 Perhitungan Tulangan Torsi

$$\begin{aligned}
T_u &= 0,005 \text{ ton.m} \\
&= 0,006666667 \text{ N.mm} \\
\theta &= 45^\circ \\
T_n &= T_u / \phi \\
&= 0,006666667 / 0,75 \\
&= 66666,667 \text{ N.mm} \\
V_u &= 4,712 \text{ ton} \\
A_{cp} &= b \cdot h \\
&= 500 \cdot 300 \\
&= 150.000 \text{ mm}^2 \\
P_{ep} &= 2 (b + h) \\
&= 2 (500 + 300) = 1600 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Hitung batasan nilai momen torsi yang boleh diabaikan dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
T_{u \text{ min}} &= \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'} A_{cp}^2}{12 \cdot P_{cp}} \\
&= 0,75 \cdot \frac{\sqrt{29,05} \cdot 150000^2}{12 \cdot 1600} \\
&= 44915,043 \text{ N.mm} \\
T_{u \text{ max}} &= \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'} A_{cp}^2}{3 \cdot P_{cp}} \\
&= 0,75 \cdot \frac{\sqrt{29,05} \cdot 150000^2}{3 \cdot 1600}
\end{aligned}$$

$$= 27561503,8 \text{ N.mm}$$

Maka torsi perlu diperhitungkan.

Hitung sifat-sifat tampang datar yang diperlukan (A_o) dengan menggunakan persamaan $A_o = 0,85 \cdot A_{oh}$, di mana A_{oh} merupakan bagian luasan penampang yang dibatasi garis berat sengkang tertutup. Jika diasumsikan diameter sengkang adalah 13 mm, maka :

$$\begin{aligned} x_1 &= b - 2 \cdot p - D_{\text{sengkang}} \\ &= 300 - 2 \cdot 40 - 13 = 207 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_1 &= h - 2 \cdot p - D_{\text{sengkang}} \\ &= 500 - 2 \cdot 40 - 13 = 407 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{oh} &= x_1 \cdot y_1 \\ &= 207 \cdot 407 = 84249 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 \cdot A_{oh} \\ &= 0,85 \cdot 84249 = 71612 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h - p - D_{\text{sengkang}} - D_{\text{lentur}}/2 \\ &= 500 - 40 - 13 - 19/2 = 438 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ph &= 2 (x_1 + y_1) \\ &= 2 (207 + 407) = 1228 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan dimensi penampang :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot h}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b \cdot h} + \frac{2\sqrt{f_c'}}{3}\right)$$

Di mana :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{\sqrt{29,05}}{6} \cdot 300 \cdot 460 = 12,397 \text{ ton} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\sqrt{\left(\frac{4,712}{300 \cdot 500}\right)^2 + \left(\frac{0,005 \cdot 1228}{1,7 \cdot 84249^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{12,397}{300 \cdot 500} + \frac{2\sqrt{29,05}}{3}\right)$$

$$0,3141 < 2,6518$$

Maka kuat lentur penampang mencukupi

Hitung kebutuhan tulangan torsi :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_{yv} \cdot \cot \theta} = \frac{66666,6667}{2 \cdot 71612 \cdot 400 \cdot 1} = 0,00233 \text{ mm}$$

Kebutuhan tulangan torsi arah longitudinal :

$$\begin{aligned} A1 &= \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yl}} \right) \cdot \cot^2 \theta \\ &= 0,00233 \cdot 1228 \cdot \left(\frac{400}{400} \right) \cdot 1 \\ &= 1,429 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A1_{\min} &= \frac{5\sqrt{f'c} \cdot Acp}{12 f_{yl}} - \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \\ &= \frac{5\sqrt{29,05} \cdot 150000}{12 \cdot 400} - 0,00233 \cdot 1228 \cdot \frac{400}{400} \\ &= 840,728 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A1 < A1_{\min}$$

Maka digunakan tulangan torsi arah longitudinal sebesar 840,728 mm²

Dalam pemasangannya, tulangan torsi longitudinal (A1) disebar pada setiap sisi balok. Sehingga A1 pada tiap sisi adalah :

$$\begin{aligned} A1/4 &= 1125,342 / 4 \\ &= 210,182 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pengecekan Ulang Tulangan Lentur Akibat Torsi

Tulangan Lentur Bawah :

$$\begin{aligned} As_{\text{baru}} &= As_{\text{lentur}} + A1/4 \\ &= 520,522 + 210,182 = 730,7040 \text{ mm}^2 \\ As_{\text{lama}} &= (\text{untuk tulangan lentur} = 2-D19) \\ &= 567,0575 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$As_{\text{baru}} > As_{\text{lama}}$$

Kondisi tulangan lentur 2-D19 kurang mencukupi untuk torsi yang terjadi, sehingga di lakukan perancangan ulang dengan tulangan : 3-D19

$$\begin{aligned} A_{st} &= n \cdot \pi/4 \cdot D^2 \\ &= 3 \cdot \pi/4 \cdot 19^2 = 850,5862 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{st} > A_{s \text{ baru}} \rightarrow \text{OK}$$

Tulangan Lentur Atas :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ baru}} &= A_{s \text{ lentur}} + A1/4 \\ &= 1326,19 + 210,182 = 1536,372 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ lama}} &= (\text{untuk tulangan lentur} = 5\text{-D19}) \\ &= 1417,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s \text{ baru}} > A_{s \text{ lama}}$$

Kondisi tulangan lentur 5-D19 kurang mencukupi untuk torsi yang terjadi, sehingga di lakukan perancangan ulang dengan tulangan : 6-D19

$$\begin{aligned} A_{st} &= n \cdot \pi/4 \cdot D^2 \\ &= 6 \cdot \pi/4 \cdot 19^2 = 1701,1742 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s \text{ baru}} < A_{s \text{ lama}} \rightarrow \text{OK}$$

Perhitungan Tulangan Samping Akibat Torsi

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= A1/4 \\ &= 210,182 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan : 2-D13

$$\begin{aligned} A_{st} &= n \cdot \pi/4 \cdot D^2 \\ &= 2 \cdot \pi/4 \cdot 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{st} > A_{s \text{ perlu}} \rightarrow \text{OK}$$

5.6.3.4 Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 4,712 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_u / \phi \\
 &= 4,712 / 0,75 = 6,283 \text{ ton} \\
 V_c &= 12,397 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Pengecekan keperluan tulangan geser :

Kondisi 1 :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \phi \cdot V_c \\
 &< 0,75 \cdot 12,397 \text{ ton} \\
 &< 9,297 \quad \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2 :

$$\begin{aligned}
 V_u &< 5 \cdot \phi \cdot V_c \\
 &< 5 \cdot 0,75 \cdot 12,397 \text{ ton} \\
 &< 46,487 \quad \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Kondisi 3 :

$$\begin{aligned}
 V_u &< 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\
 &< 0,5 \cdot 0,75 \cdot 12,397 \text{ ton} \\
 &< 4,6487 \quad \rightarrow \mathbf{Perlu}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan pada kondisi 1 dan 3 masih tidak memenuhi syarat, maka disimpulkan bahwa diperlukan penambahan tulangan geser.

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ perlu}} &= V_n - V_c \\
 &= 6,283 - 12,397 = -6,114 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan $V_c > V_n$, maka keperluan V_s dianggap 0

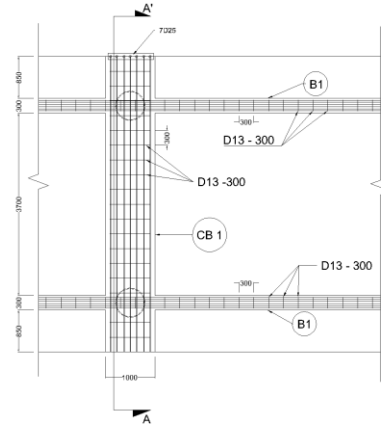
$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{0 \cdot 10000}{400 \cdot 460} = 0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{v_{\text{tot}}}}{s} &= \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = (2 \cdot 0,00116) + 0 \\
 &= 0,00233 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

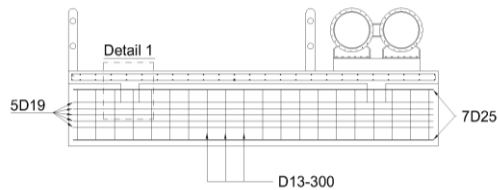
Dipasang tulangan geser D13-300.

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ terpasang} &= 2 \cdot \pi/4 \cdot D^2 \cdot f_y \cdot d/s / 10000 \\
 &= 2 \cdot \pi/4 \cdot 13^2 \cdot 400 \cdot 460/300 / 10000 \\
 &= 16,282 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

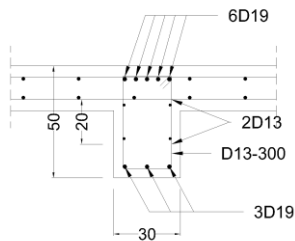
$V_s \text{ terpasang} > V_s \text{ perlu} \rightarrow \text{OK}$



Gambar 5. 36 Penulangan balok trestle



Gambar 5. 37 Potongan A - A'



Gambar 5. 38 Detail 1

5.6.4 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas untuk Tiang

Pada trestle, dimensi cap beam serta gaya yang terjadi pada tiang miring dan tiang tegak adalah sama. Sehingga perhitungan dapat dilakukan dengan data seagai berikut :

Data perencanaan :

Lebar pile cap	= 1000 mm
Tinggi pile cap	= 1000 mm
Cover	= 100 mm
d efektif	= 887,5 mm
D tiang	= 600 mm
Tebal tiang	= 14 mm
D dalam tiang	= 572 mm
ϕ	= 0,7
f_c'	= 29,05
f_y	= 400
D. tul pile cap	= 25 mm
D. tul tiang	= 25 mm
D. tul sengkang	= 12 mm
σ_e	= 460
tebal las	= 5 mm
P kerja	= 0 N

5.6.4.1 Kontrol Kekuatan Beton dalam tiang

P beton dalam tiang \geq P kerja

$$\begin{aligned} P_{\text{beton}} &= A_{\text{beton}} \cdot 0,85 \cdot \phi \cdot f_c' \\ &= \frac{1}{4} \pi \cdot 600^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 29,05 \\ &= 4441657 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_{\text{beton}} > P_{\text{kerja}} \quad \rightarrow \text{OK}$$

5.6.4.2 Kontrol Retak Pile Cap

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \\ &= 1/6 \cdot 29,05 \cdot 1000 \cdot 887,5 \\ &= 797242 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } P_{\text{kerja}} &\leq \phi \cdot 2V_c \\ 0 \text{ N} &< 0,7 \cdot 2 \cdot 797242 \text{ N} \\ 0 \text{ N} &< 1116139 \text{ N} \quad \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

5.6.4.3 Kontrol Kekuatan Las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX dengan tegangan izin tarik las (σ_e) = 460 MPa. Ketebalan las rencana adalah 5 mm. Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} K_l &= \text{keliling las} \times \text{tebal las} \times \sigma_e \\ &= \pi \cdot 600 \cdot 5 \cdot 640 \\ &= 4335398 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat :} \\ K_l &> P_{\text{kerja}} \\ 4335398 \text{ N} &> 0 \text{ N} \quad \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

5.6.4.4 Perhitungan Shear Ring

$$s \cdot f_c' \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot D_d < 0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot D_d$$

$$s < \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot D_d}{\sqrt{f_c'} \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot D_d}$$

$$s < \frac{0,85 \cdot 29,05 \cdot 25}{\sqrt{29,05} \cdot 1/6}$$

$$s < 329,8561 \text{ mm}$$

Di ambil tulangan spiral : Ø12 – 300

5.6.4.5 Perhitungan Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas

$$A_s \cdot f_y \text{ tulangan} = P / \phi$$

$$\begin{aligned} A_s &= P / (\phi \cdot f_y \text{ tulangan}) \\ &= 0 \text{ N} / (0,7 \cdot 400) \\ &= 0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dikarenakan A_s perlu berdasarkan $P \text{ kerja} = 0$, maka diambil $A_s \text{ perlu} = 1 \%$ luas bidang dalam tiang.

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 0,01 \\ &= \frac{1}{4} \pi 572^2 \cdot 0,01 \\ &= 2569,697 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Di gunakan tulangan 6 – D25

$$A_{st} = \frac{1}{4} \pi 25^2 \cdot 6 = 2945,243 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung sesuai dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= d_b \frac{f_y}{4 \sqrt{f_c'}} \\ &= 25 \frac{400}{4 \sqrt{29,05}} = 463,8387 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{dh \text{ min}} = 0,04 \cdot d_b \cdot f_y$$

$$= 0,04.25.400 = 400 \text{ mm}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 600 \text{ mm}$

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI – 2847 2013 pasal 14.2** dengan metode sebagai berikut :

$$l_{dh} = \frac{3 f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c'}} \text{ db}$$

Dengan :

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{3 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{29,05}} \cdot 25 \\ &= 1113,213 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di pakai panjang penyaluran $\approx 1200 \text{ mm}$

5.6.4.6 Perhitungan Base Plate

Base plate merupakan penahan beton segar saat proses filling tiang dilaksanakan. Base plate direncanakan dengan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm. Sedangkan untuk menahan base plate, digunakan tulangan pengait yang menahan baseplate pada tiang pancang. Berat yang harus dipikul oleh base plate adalah :

$$\begin{aligned} P &= A \text{ dalam tiang } (t_p \cdot B_{\text{baja}} + B_{\text{beton}} \cdot L) \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,572^2 (0,01 \cdot 7850 + 2400 \cdot 1) \\ &= 636,8994 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan pengait baseplate :

$$A = P / \sigma$$

$$= 636,8994 / 1600$$

$$= 0,398 \text{ cm}^2 = 39,8 \text{ mm}^2$$

$\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$ adalah tegangan izin pengait A307 dengan mutu normal

Kait pakai : 4 Ø12

$$\text{Ast} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 4$$

$$= 452,389 \text{ mm}^2 \qquad \text{Ast} > \text{As} \rightarrow \text{OK}$$

5.7 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung struktur bawah menggunakan metode perhitungan spring elastis linier. Pada analisa tahanan tanah lateral yang bersifat liner elastis, tanah dimodelkan sebagai spring dengan dilakukan peninjauan pada tiap meter kedalaman tanah sebagai gaya spring horizontal dan peninjauan pada ujung tiang sebagai gaya spring vertikal. Kedalaman tanah hingga mencapai lapisan keras adalah 28 meter yang diukur dari *seabed* dan besar pergeseran (y) diambil = 1.

5.7.1 Perhitungan Gaya Spring Vertikal

Perhitungan gaya spring yang terjadi pada ujung tiang dihitung dengan memperhitungkan kV yang dihitung dengan rumus :

$$kV = A_f \cdot k_0$$

Dengan :

$$A_f = \frac{1}{4} \pi \cdot (\phi^2 - (\phi - (2 \cdot y / 10))^2)$$

$$k_0 = 0,2 \cdot E \cdot (\phi)^{-3/4}$$

Di mana:

$$\begin{aligned} kV &= \text{gaya spring vertikal} \\ A_f &= \text{lebar efektif} \\ k_0 &= \text{harga perkiraan koefisien dari reaksi tanah} \end{aligned}$$

jika pergeseran pada permukaan dibuat sebesar 1 cm

\emptyset = Diameter tiang pancang

E = Modulus elastisitas tanah pada kedalaman yang ditinjau. Dihitung dengan :

$$E = N \cdot Dt$$

N = nilai N SPT pada kedalaman yang ditinjau

Dt = kedalaman ujung tiang pancang

5.7.2 Perhitungan Gaya Spring Horizontal

Perhitungan kH dilakukan dengan dengan rumus :

$$kH = \text{koef.K} \cdot \emptyset (a - b)$$

Adapun rekapitulasi perhitungan kV dan kH untuk tiang pancang diameter 800 akan ditampilkan pada tabel 5.20 dan tiang pancang diameter 600 pada tabel 5.21

Tabel 5. 20 Rekapitulasi perhitungan K_v dan kH tiang diameter 800 mm

Depth (m)	N	E (kg/cm ²)	reaksi subgrade [k0] (kg/cm ³)	koef k (kg/cm ³)	A efektif (cm ²)	kV (kg/cm ³)	kx=ky	
							(kg/cm)	(t/m)
0	0,00	0	0	0	345,70	0	0	0
-1	15,00	420	3,14	3,14	345,70	1085,58	25121,86	2512,19
-2	27,00	756	5,65	5,65	345,70	1954,05	45219,35	4521,93
-3	10,00	280	2,09	2,09	345,70	723,72	16747,91	1674,79
-4	10,00	280	2,09	2,09	345,70	723,72	16747,91	1674,79
-5	9,00	252	1,88	1,88	345,70	651,35	15073,12	1507,31
-6	9,00	252	1,88	1,88	345,70	651,35	15073,12	1507,31
-7	3,00	84	0,63	0,63	345,70	217,12	5024,37	502,44
-8	3,00	84	0,63	0,63	345,70	217,12	5024,37	502,44
-9	3,00	84	0,63	0,63	345,70	217,12	5024,37	502,44
-10	19,00	532	3,98	3,98	345,70	1375,07	31821,02	3182,10
-11	12,00	336	2,51	2,51	345,70	868,46	20097,49	2009,75
-12	12,00	336	2,51	2,51	345,70	868,46	20097,49	2009,75
-13	12,00	336	2,51	2,51	345,70	868,46	20097,49	2009,75
-14	13,00	364	2,72	2,72	345,70	940,84	21772,28	2177,23
-15	13,00	364	2,72	2,72	345,70	940,84	21772,28	2177,23
-16	14,00	392	2,93	2,93	345,70	1013,21	23447,07	2344,71
-17	11,00	308	2,30	2,30	345,70	796,09	18422,70	1842,27
-18	11,00	308	2,30	2,30	345,70	796,09	18422,70	1842,27
-19	11,00	308	2,30	2,30	345,70	796,09	18422,70	1842,27
-20	12,00	336	2,51	2,51	345,70	868,46	20097,49	2009,75
-21	12,00	336	2,51	2,51	345,70	868,46	20097,49	2009,75
-22	13,00	364	2,72	2,72	345,70	940,84	21772,28	2177,23
-23	12,00	336	2,51	2,51	345,70	868,46	20097,49	2009,75
-24	12,00	336	2,51	2,51	345,70	868,46	20097,49	2009,75
-25	12,00	336	2,51	2,51	345,70	868,46	20097,49	2009,75
-26	19,00	532	3,98	3,98	345,70	1375,07	31821,02	3182,10
-27	19,00	532	3,98	3,98	345,70	1375,07	31821,02	3182,10
-28	50,00	1400	10,47	10,47	345,70	3618,60	83739,53	8373,95
-29	50,00	1400	10,47	10,47	345,70	3618,60	83739,53	8373,95
-30	50,00	1400	10,47	10,47	345,70	3618,60	83739,53	8373,95

BAB VI

KESIMPULAN

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan pada bab – bab sebelumnya, dapat diperoleh kesimpulan antara lain :

1. Spesifikasi kapal rencana
 - Kapasitas kapal rencana : 10.000 DWT
 - Panjang kapal (LOA) : 140 m
 - Lebar kapal : 7,9 m
 - Draft : 9,8 m
2. Struktur dermaga yang direncanakan terdiri dari catwalk, platform, trestle, mooring dolphin dan berthing dolphin
3. Struktur catwalk direncanakan sebagai struktur rangka baja dengan spesifikasi :
 - Bentang
 - Platform – berthing : 8 m
 - Berthing – berthing : 16 m
 - Berthing – mooring : 28 m
 - Mooring – mooring : 32 m
 - Dimensi balok memanjang: WF 400.300.9.14
 - Dimensi balok melintang : WF 125.60.6.8
 - Lebar catwalk : 1,2 m
4. Struktur platform direncanakan beton bertulang dengan spesifikasi :
 - Elevasi : + 6,46 m LWS
 - Luas platform : 30 x 19,5 meter
 - Tebal plat : 25 cm
 - Dimensi balok memanjang: 40/60
 - Dimensi balok melintang : 40/80
 - Dimensi balok MLA : 60/80
 - Dimensi balok anak : 30/50

- Tiang pancang : 800 tebal 14
5. Struktur trestle direncanakan sebagai beton bertulang dengan spesifikasi :
- Lebar jalur trestle : 4 meter
 - Lebar perletakan pipa : 2 meter
 - Panjang trestle : 990 meter
 - Tebal plat : 25 cm
 - Dimensi balok melintang : 100/100
 - Dimensi balok memanjang: 30/50
 - Tiang pancang : 600 tebal 14
6. Struktur Berthing dolphin direncanakan sebagai beton bertulang dengan spesifikasi :
- Dimensi : 6 x 8 meter
 - Tebal plat : 1,5 m
 - Tiang pancang : 800 tebal 14
 - Fender : SUC1150
 - Bollard : MT20
 - Energi fender : 23,8 ton
 - Berat fender : 0,895 ton
 - Panjang fender : 1,15 meter
7. Struktur Mooring dolphin direncanakan sebagai beton bertulang dengan spesifikasi :
- Dimensi : 5 x 6 meter
 - Tebal plat : 1,5 m
 - Tiang pancang : 800 tebal 14
 - Bollard : MT50

DAFTAR PUSTAKA

Marine Fender Design Manual, Bridgestone Tire, Co., Ltd.
Tokyo

Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971. Departemen
Pekerjaan Umum, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan
Gedung

Japan Port and Harbour Association. 2002. **Technical Standards
and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan.**
Daicousa Printing. Japan.

Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971. Departemen
Pekerjaan Umum, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan
Gedung

Setiawan, Agus . **Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode
LFRD.** Penerbit Erlangga, 2008

Sosrodarsono, S., Nakazawa, K 2000. **Mekanika Tanah dan
Teknik Pondasi.** Jakarta:PT Pradnya Paramita

Standard Design Criteria fo Port in Indonesia, 1984. Maritime
Development Programme Directorate General of Sea
Commonications, Jakarta

Thoresen, Carl A. 2003. **Port designer's handbook.** British:
Thomas Telford

Triatmodjo, Bambang. 1996. **Pelabuhan.** Yogyakarta:Beta Offset

"halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Adilat Ahmad firdausyi, dilahirkan di Ponorogo pada, 14 Februari 1996. Merupakan anak tunggal dari Ayah dengan kelahiran asal Bojonegoro dan Ibu dari Ponorogo. Penulis mulai menempuh pendidikan dimulai dari TK BA Aisyah Muhammadiyah Banyudono, SDN 2 Mangkujayan, SMPN 6 Ponorogo dan SMAN 1 Ponorogo. Kemudian pada jenjang Perguruan Tinggi diterima di Prodi Diploma 3 Teknik Sipil, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, ITS.

Pada awal masa kuliah Penulis pernah ditunjuk sebagai Ketua Regu di salah satu Kelompok selama masa Ospeknya. Selama Masa Kuliah aktif dalam kegiatan akademik dan beberapa kegiatan non akademik. Kegiatan non akademik yang pernah dijalani sebagai Ketua Forum Mahasiswa Daerah Ponorogo dan Sebagai Penanggung Jawab Penampil Seni Reyog dalam acara ITS EXPO 2016.

Pada saat Penjurusan, Penulis yang memiliki hobi bermain Musik sejak bangku SMP ini mengambil konsentrasi Bangunan Transportasi sebagai minatnya, yang kemudian mengambil Tugas Akhir pada bidang Struktur. Diharapkan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dengan baik bagi siapa saja. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail di : adilatfirdausyi@gmail.com

"halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sidoarjo 11 Mei tahun 1996 dengan nama lengkap Ali Haidir sebagai putra pertama dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di MI Darussalam Sidoarjo, SMPN 3 Krian, SMK YPM 3 Taman, dan kemudian diterima di program studi Diploma 3 Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember sebagai angkatan 2014 dengan NRP 3114030044 dalam konsentrasi bangunan transportasi.

Dalam bidang kemahasiswaan, penulis cukup aktif dalam berbagai kegiatan baik organisasi maupun kepanitiaan namun hanya dalam lingkup aksi pengembangan sumber daya pemuda. Di mana dalam hal ini penulis telah menjajaki berbagai peran baik dalam lingkup jurusan, fakultas, maupun institut. Karena dengan memberi ilmu sejatinya adalah proses mencari ilmu yang lebih besar. Apabila pembaca perlu melakukan korespondensi, dipersilahkan untuk menghubungi penulis melalui email haidirali100@gmail.com atau 085785076942.

"halaman ini sengaja dikosongkan"



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur Dermaga
Curah Cair dengan Kapasitas 10.000
DWT di Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan

- terumbu karang dan batuan coral
- pasir laut
- pasir laut berlumpur
- tanah berpasir

bathymetri berdasarkan Lws

Nama Gambar

Layout Plan Dermaga terhadap
Profil Lokasi :

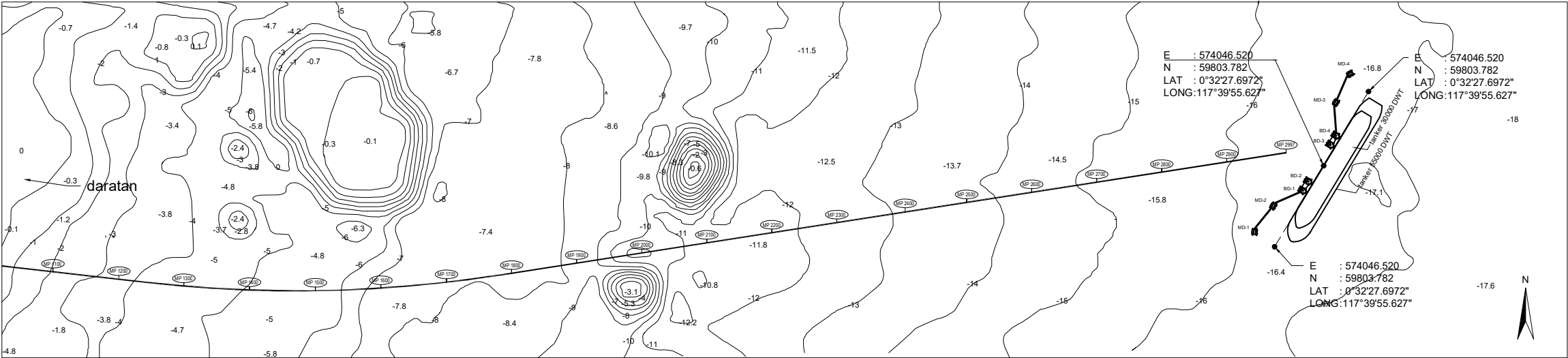
- Bathymetri Eksisting
- Seabed Feature
- Seabed Profile

skala untuk plotting ukuran kertas A2

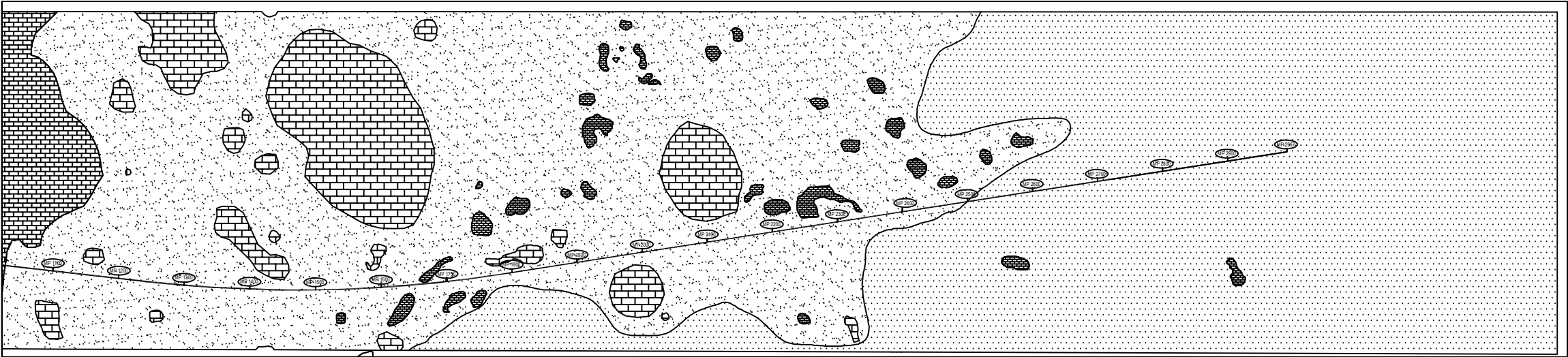
catatan khusus :

Nomor halaman

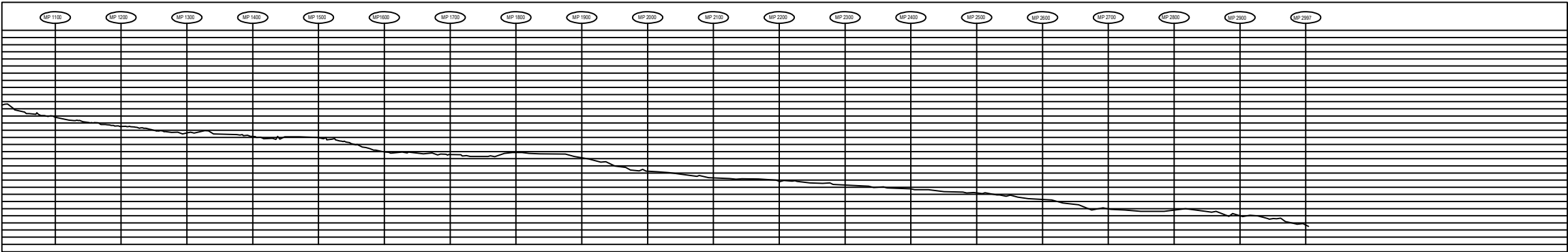
Jumlah gambar



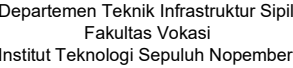
Bathymetri Dermaga Eksisting
scale 1 : 5000



Seabed Feature
scale 1 : 5000



Seabed Profile
Vertical scale 1 : 500
Horizontal scale 1 : 5000



Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur Dermaga
Curah Cair dengan Kapasitas 10.000
DWT di Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

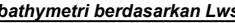
Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan

skala gambar 1 : 1000



Nama Gambar

- Layout dermaga eksisting serta koordinatnya

skala untuk plotting ukuran kertas A2

catatan khusus :

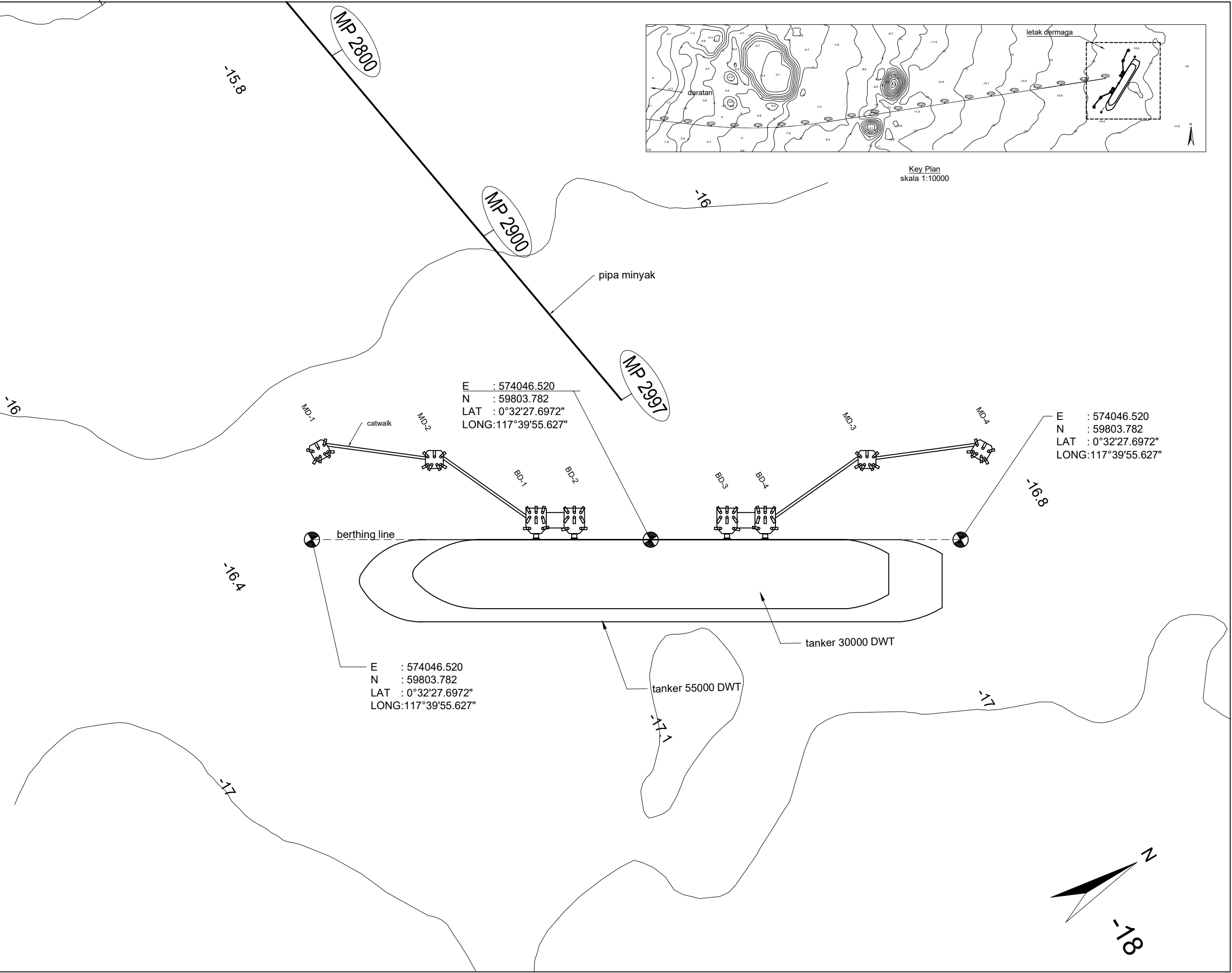
pada gambar eksisting tidak terdapat platform dan trestle di dermaga, hal tersebut dikarenakan mekanisme loading dan unloading menggunakan pipa minyak yang ditanam di dasar laut yang kemudian ditarik menggunakan katrol yg ada pada kapal lalu disambungkan pada saluran pipa loading/unloading kapal. alat pemompa minyak terdapat di kapal dan di daratan

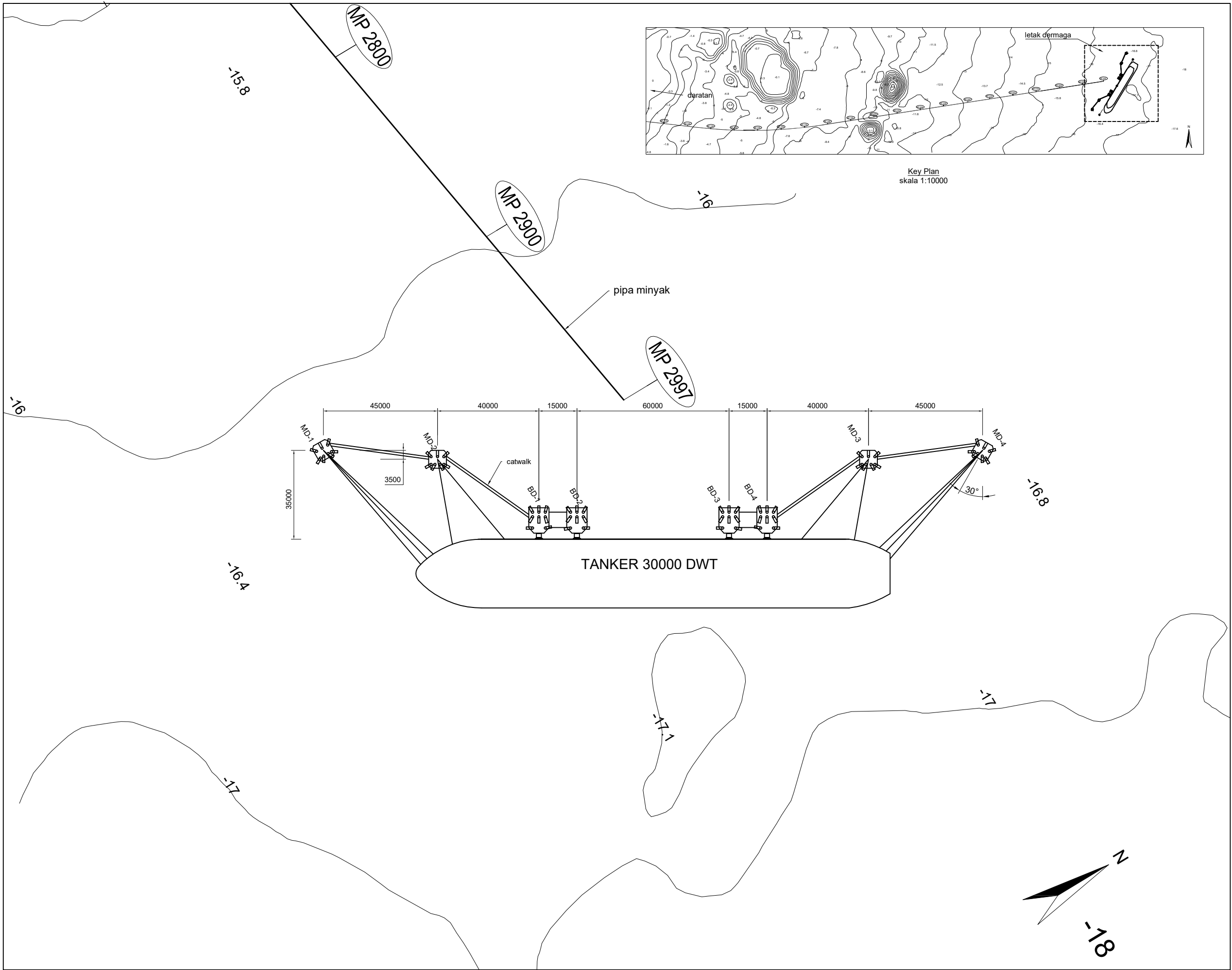
Nomor halaman

2

Jumlah gambar

59





Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur Dermaga
Curah Cair dengan Kapasitas 10.000
DWT di Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan

skala gambar 1 : 1000

bathymetri berdasarkan Lws

Nama Gambar

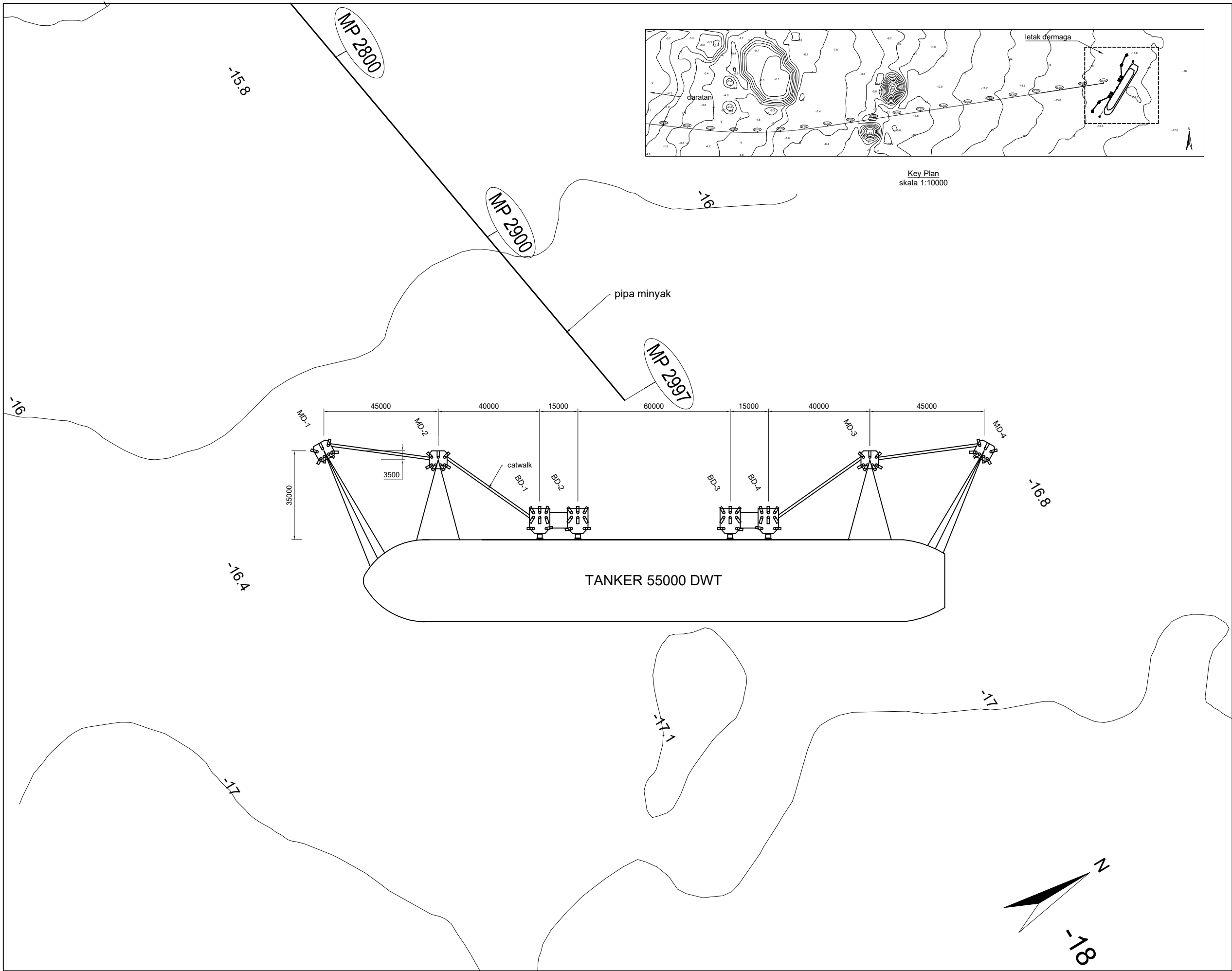
Layout dermaga eksisting dan ikatan tali
kondisi tambat untuk kapal 30000 DWT

skala untuk plotting ukuran kertas A2

catatan khusus :

pada gambar eksisting tidak terdapat platform dan trestle di dermaga, hal tersebut dikarenakan mekanisme loading dan unloading menggunakan pipa minyak yang ditanam didasar laut yang kemudian ditarik menggunakan katrol yg ada pada kapal lalu disambungkan pada saluran pipa loading/unloading kapal. alat pemompa minyak terdapat dikapal dan didaratn

Nomor halaman	Jumlah gambar
3	59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur Dermaga
Curah Cair dengan Kapasitas 10.000
DWT di Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan

skala gambar 1 : 1000
0 10m 20m 30m
bathymetri berdasarkan Lws

Nama Gambar

Layout dermaga eksisting dan ikatan tali
kondisi tambat untuk kapal 55000 DWT

skala plotting untuk ukuran kertas A2

catatan khusus :
pada gambar eksisting tidak terdapat
platform dan trestle di dermaga, hal tersebut
dikarenakan mekanisme loading dan unloading
menggunakan pipa minyak yang ditanam didasar
laut yang kemudian ditarik menggunakan katrol yg
ada pada kapal lalu disambungkan pada saluran
pipa loading/unloading kapal. alat pemompa
minyak terdapat dikapal dan didaratkan

Nomor halaman

4

Jumlah gambar

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur Dermaga
Curah Cair dengan Kapasitas 10.000
DWT di Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan

elevasi bathymetri berdasarkan Lws

Nama Gambar

perbandingan layout eksisting dengan
layout rencana setelah modifikasi

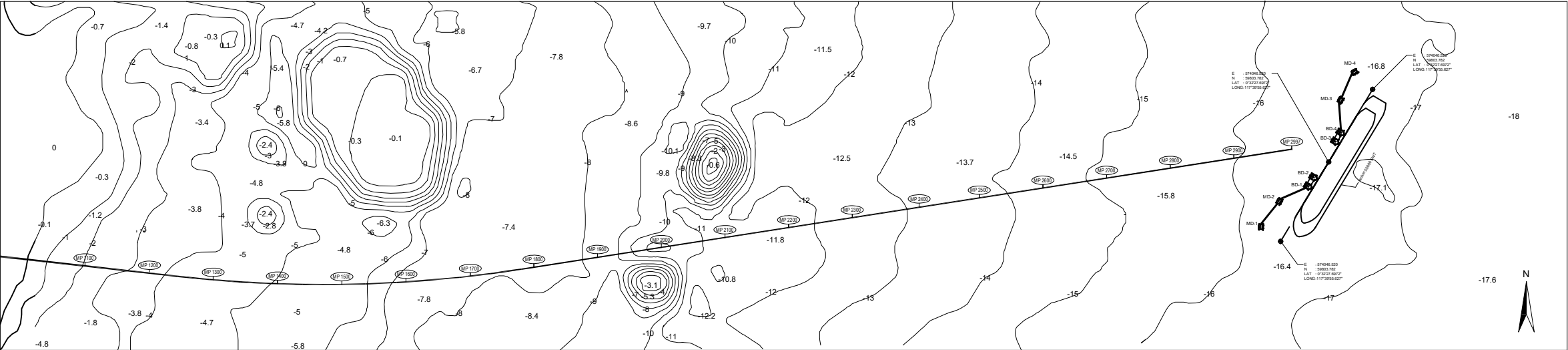
skala untuk plotting ukuran kertas A2

catatan khusus :

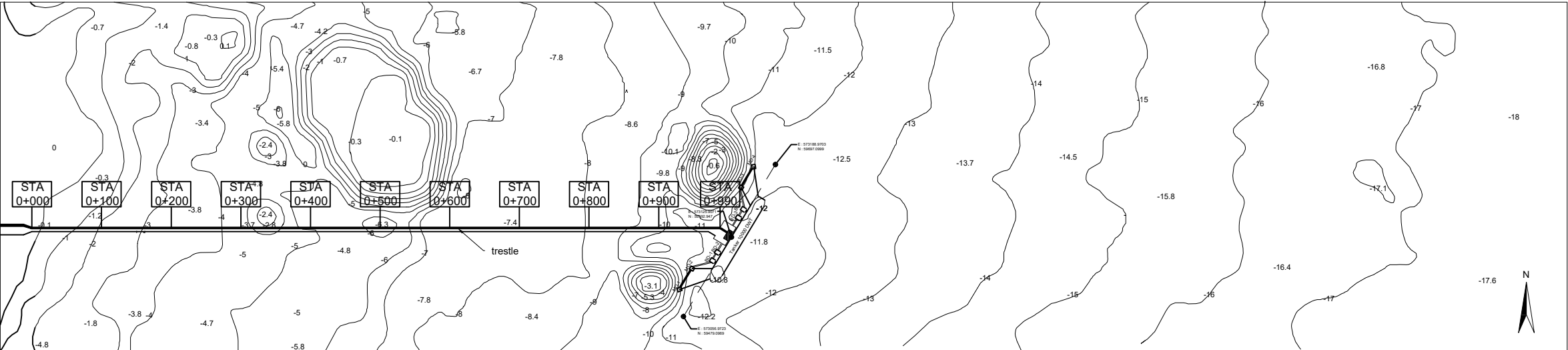
Nomor halaman Jumlah gambar

5

59



Bathymetri dan Layout Dermaga Eksisting
scale 1 : 5000



Bathymetri dan Layout Dermaga Rencana
scale 1 : 5000



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur Dermaga
Curah Cair dengan Kapasitas 10.000
DWT di Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan

- terumbu karang dan
batuan coral
- pasir laut
- pasir laut berlumpur
- tanah berpasir

elevasi bathymetri berdasarkan Lws

Nama Gambar

- Layout Plan Dermaga terhadap
Profil Lokasi :
- Bathymetri Perencanaan
 - Seabed Feature
 - Seabed Profile

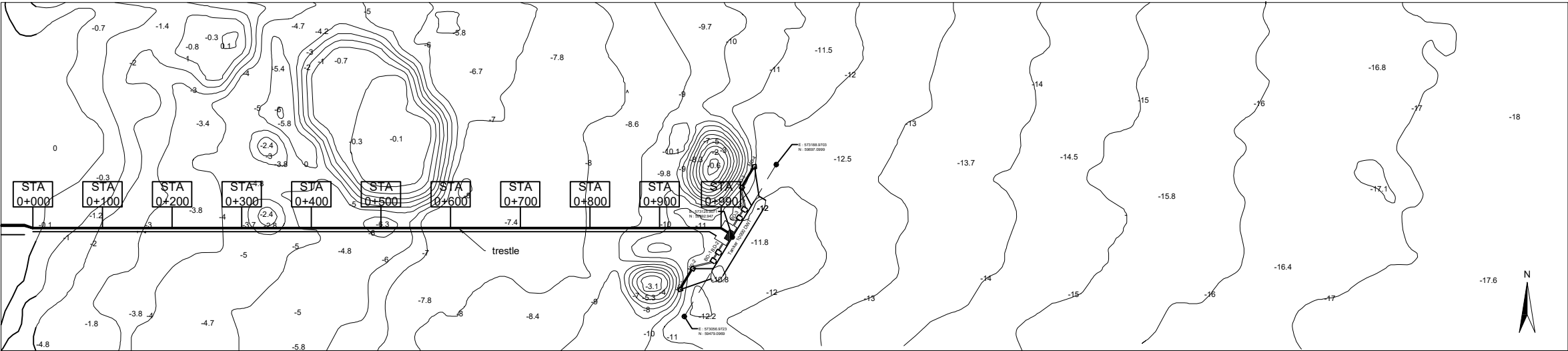
skala untuk ukuran kertas A2

Nomor halaman

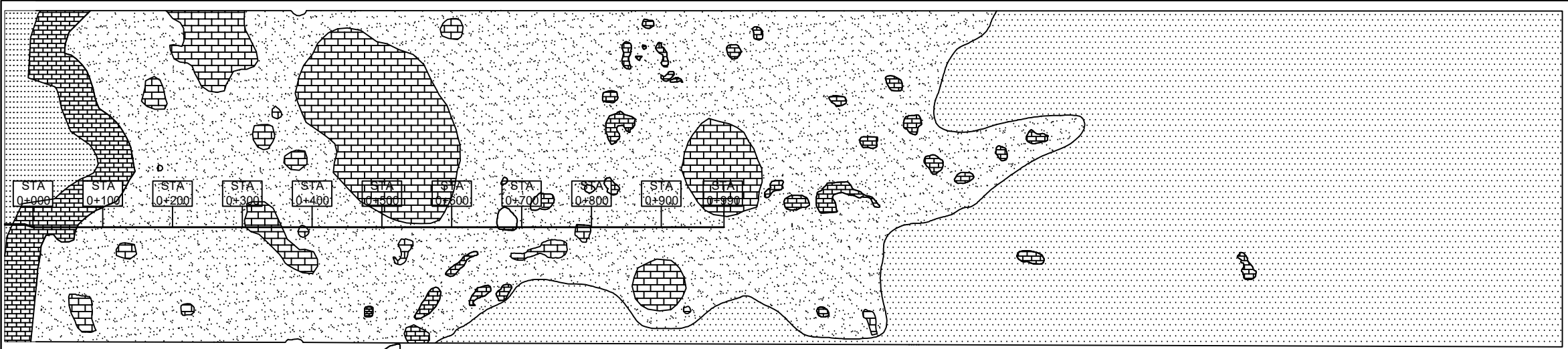
6

Jumlah gambar

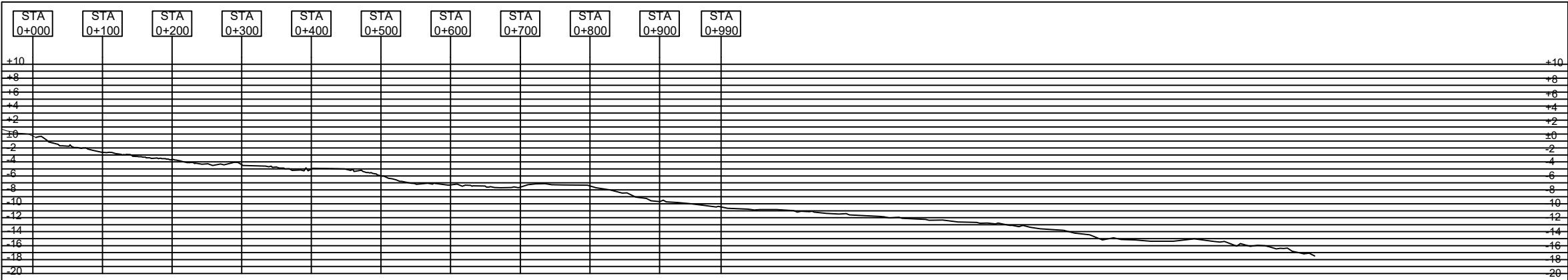
59



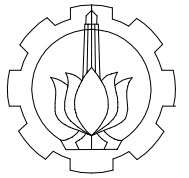
Bathymetri Dermaga Rencana
scale 1 : 5000



Seabed Feature
scale 1 : 5000



Seabed Profile
Vertical scale 1 : 500
Horizontal scale 1 : 5000



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020


Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus



 letak oil loading arm

elevasi bathymetri
berdasarkan Lws

Nama Gambar

Layout Dermaga Rencana dengan
Kordinatnya

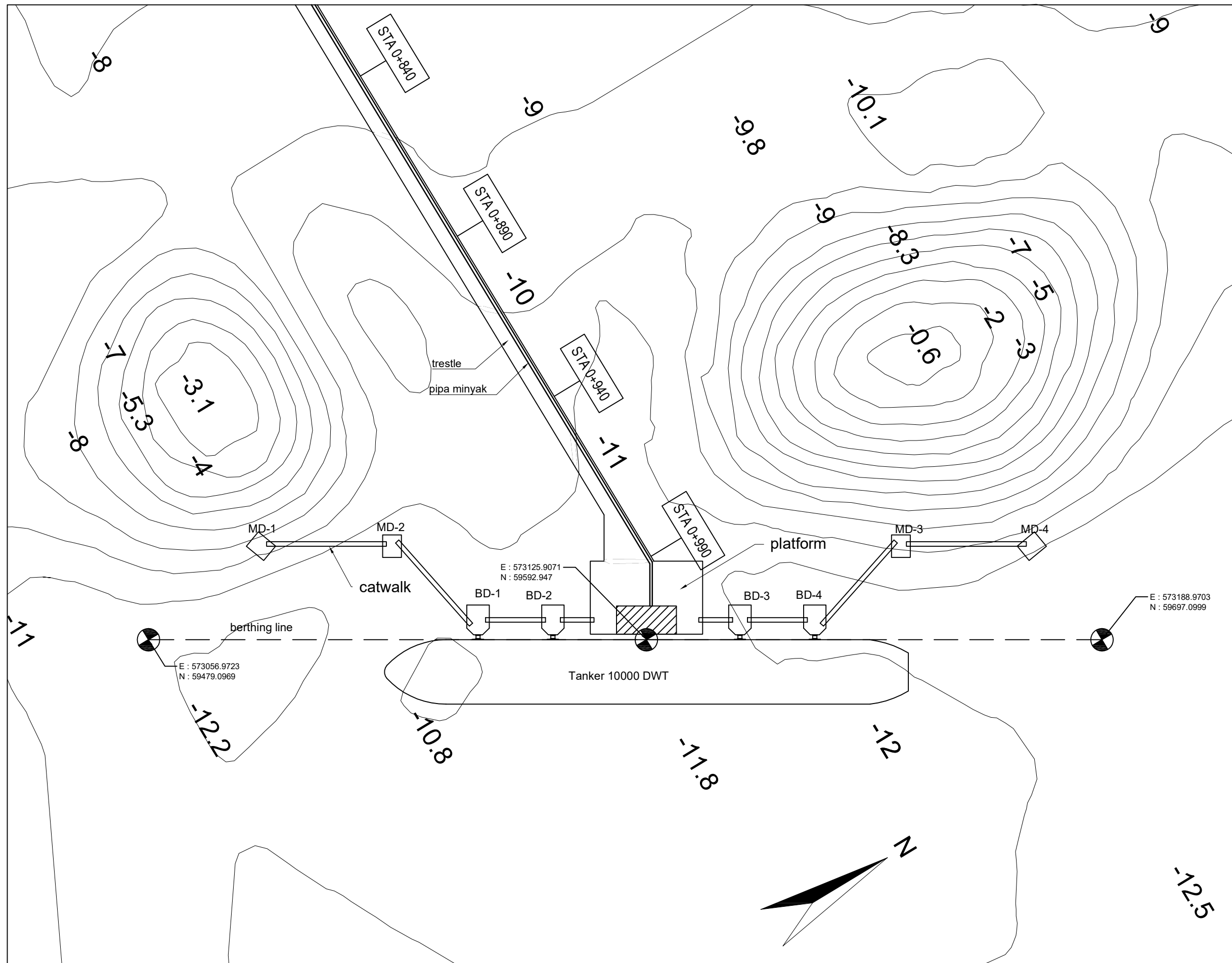
skala untuk plotting ukuran kertas A3

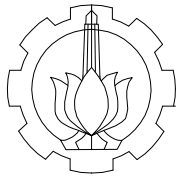
Nomor halaman

7

Jumlah gambar

59





Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044


Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

skala gambar 1 : 1000



 letak oil loading arm

elevasi bathymetri
berdasarkan Lws

Nama Gambar

Layout Dermaga Rencana dengan
simulasi pengikatan tali kondisi
tambat

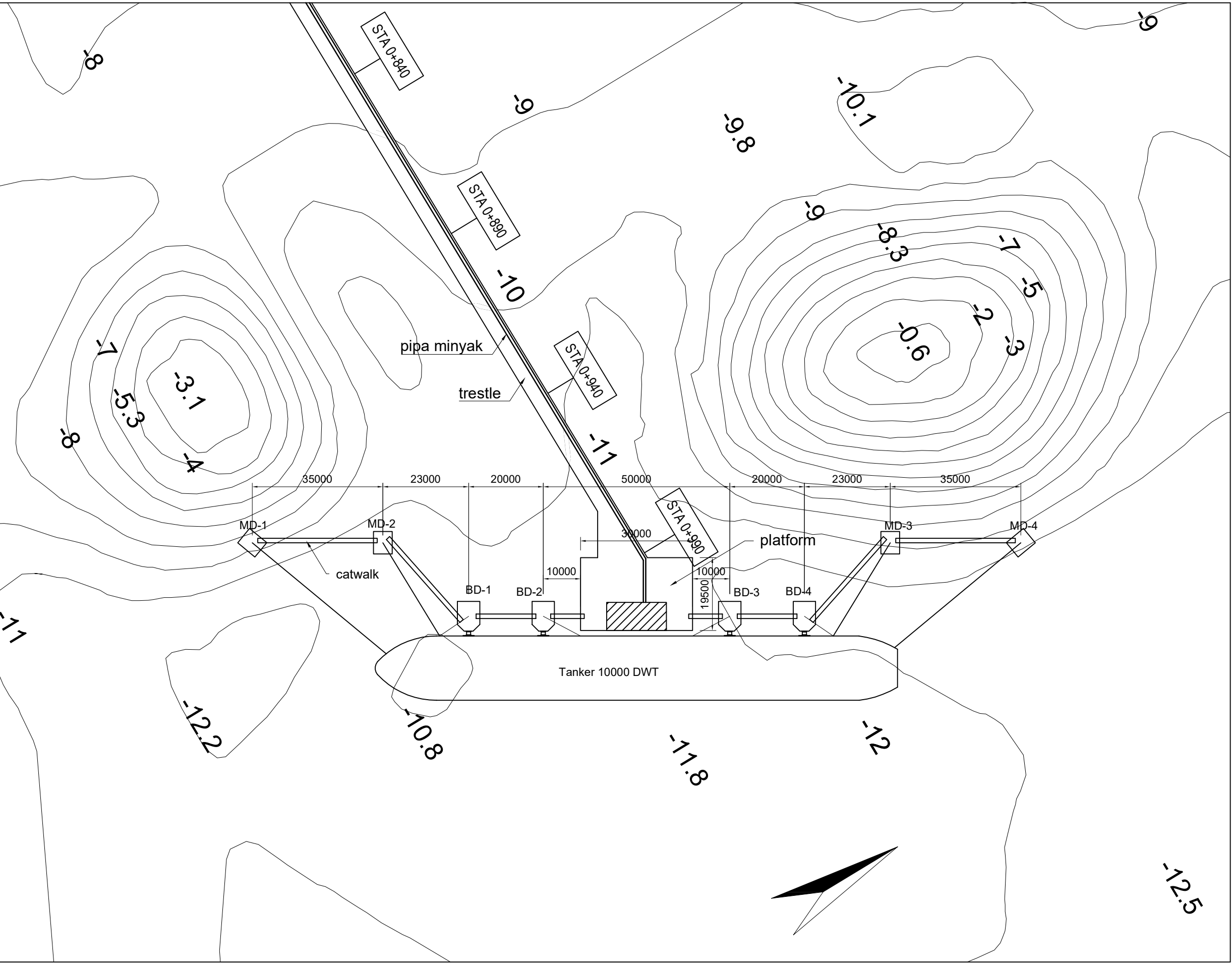
skala untuk plotting ukuran kertas A3

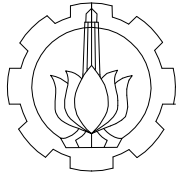
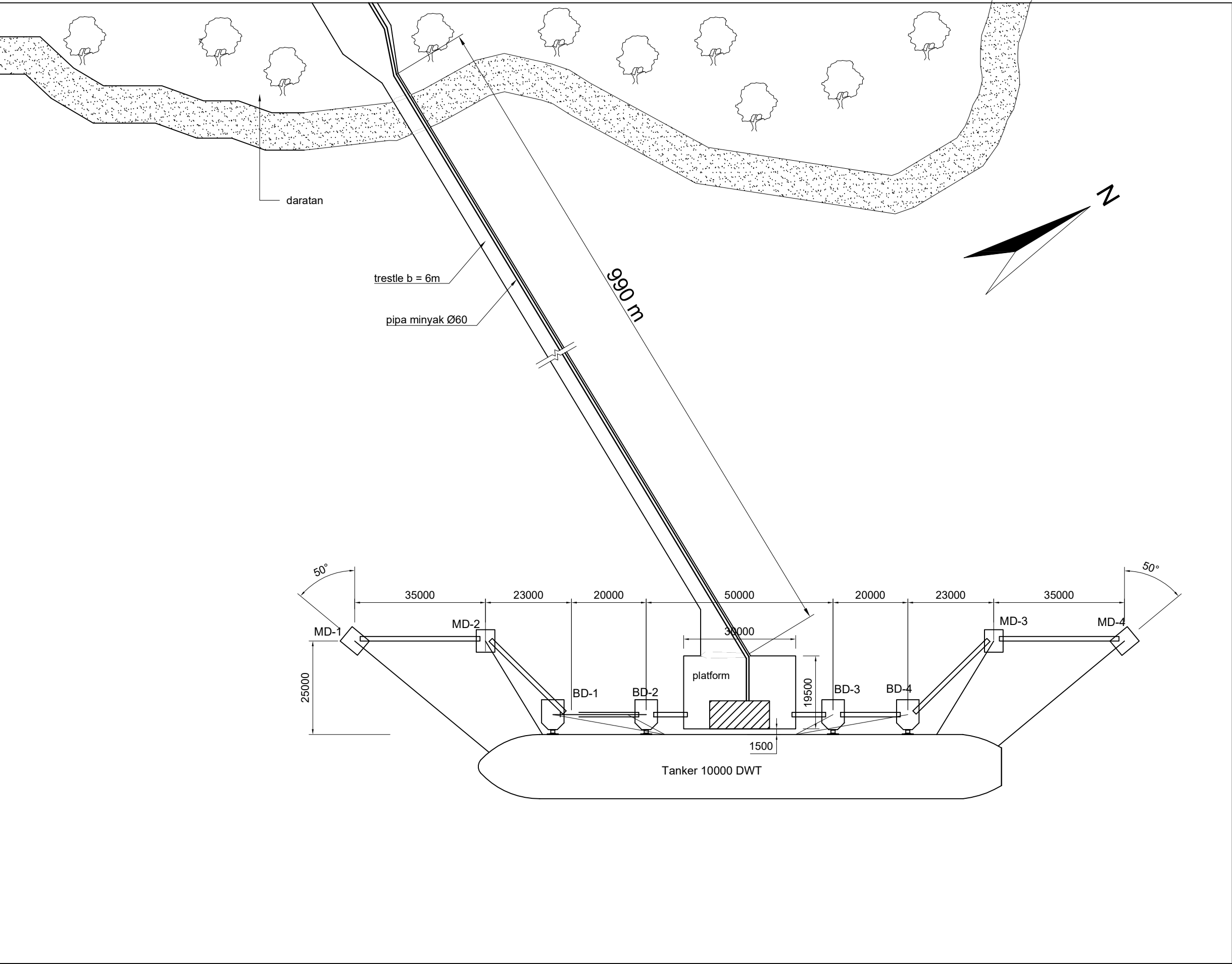
Nomor halaman

Jumlah gambar

8

59





Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

skala gambar 1 : 1000



letak oil loading arm

elevasi bathymetri
berdasarkan Lws

Nama Gambar

Layout Dermaga Rencana terhadap
daratan dan simulasi ikatan mooring
(mooring 1)

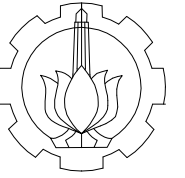
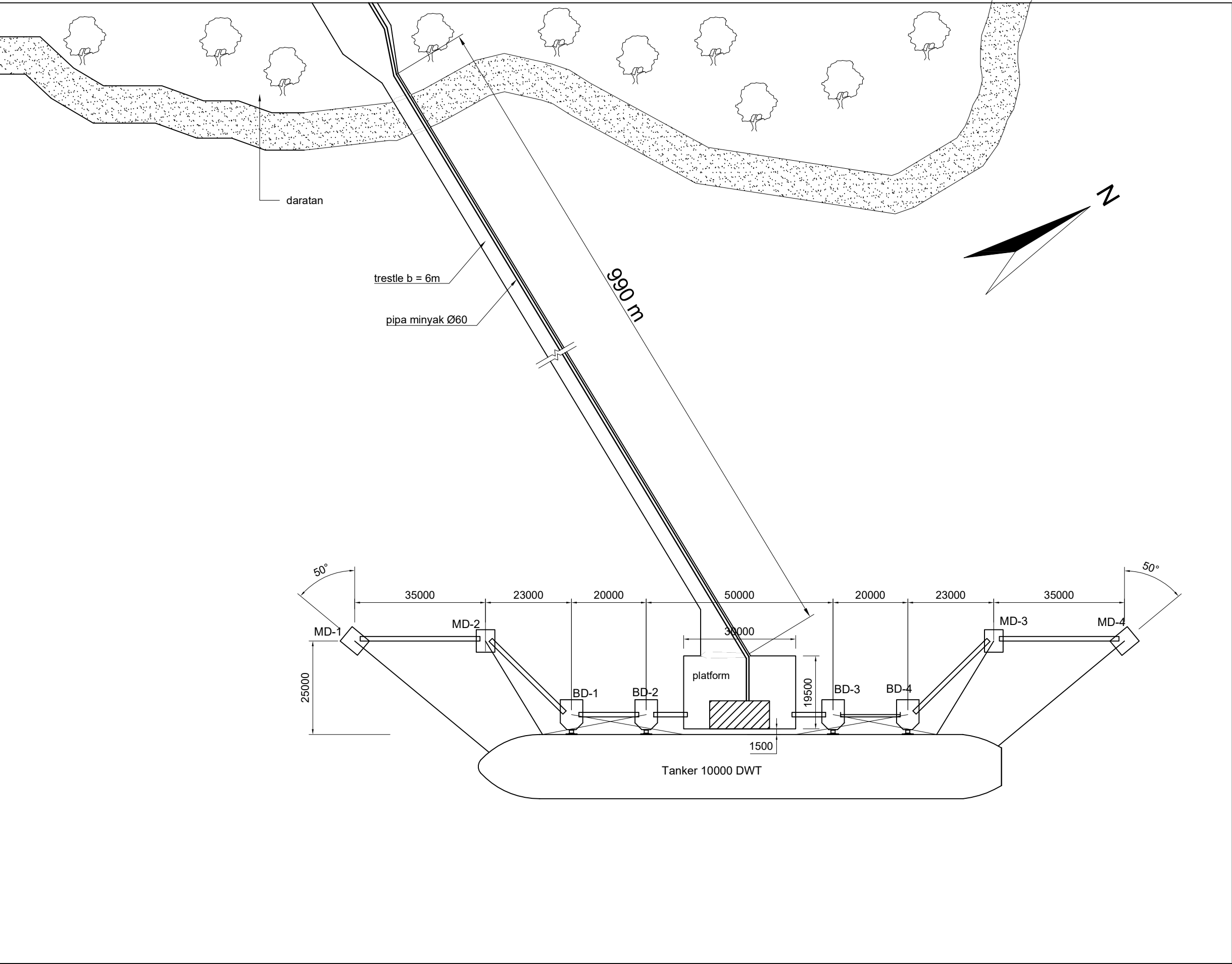
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

Jumlah gambar

9

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

skala gambar 1 : 1000



letak oil loading arm

elevasi bathymetri
berdasarkan Lws

Nama Gambar

Layout Dermaga Rencana terhadap
daratan dan simulasi ikatan mooring
(mooring 2)

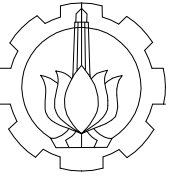
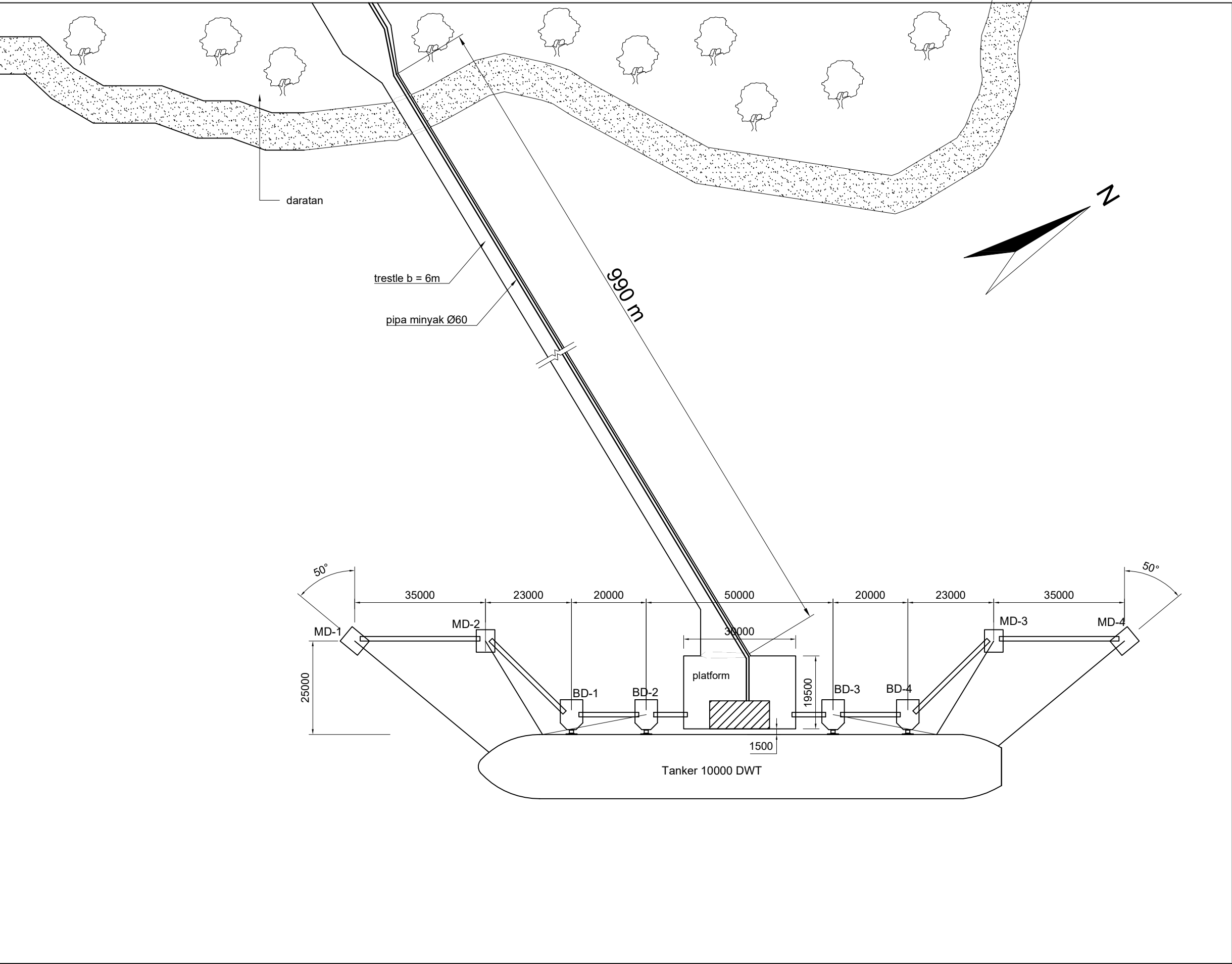
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

10

Jumlah gambar

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

skala gambar 1 : 1000



letak oil loading arm

elevasi bathymetri
berdasarkan Lws

Nama Gambar

Layout Dermaga Rencana terhadap
daratan dan simulasi ikatan mooring
(mooring 3)

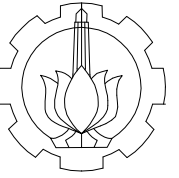
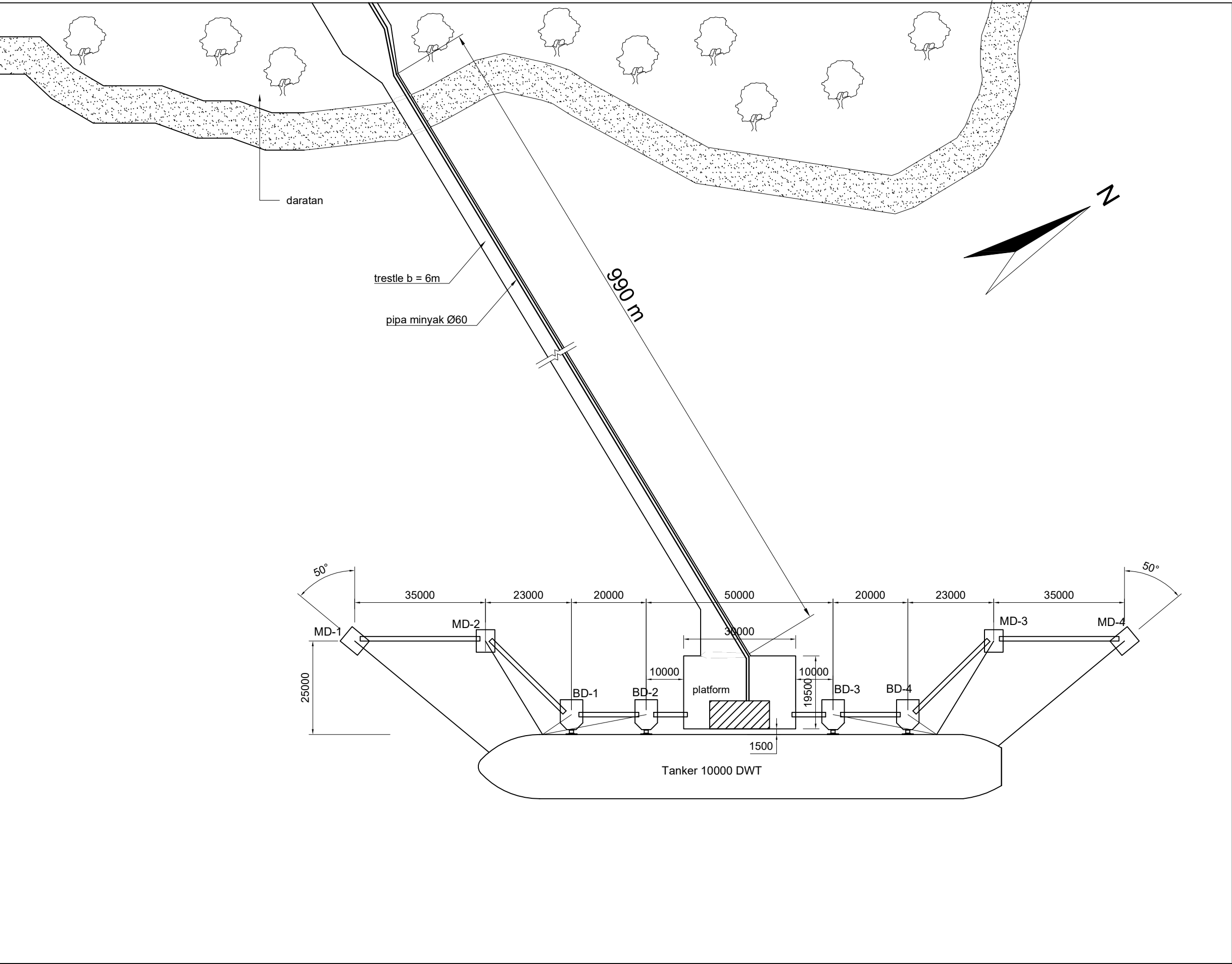
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

Jumlah gambar

11

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044


Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

skala gambar 1 : 1000



 letak oil loading arm

elevasi bathymetri
berdasarkan Lws

Nama Gambar

Layout Dermaga Rencana terhadap
daratan dan simulasi ikatan mooring
(mooring 4)

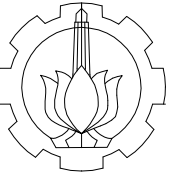
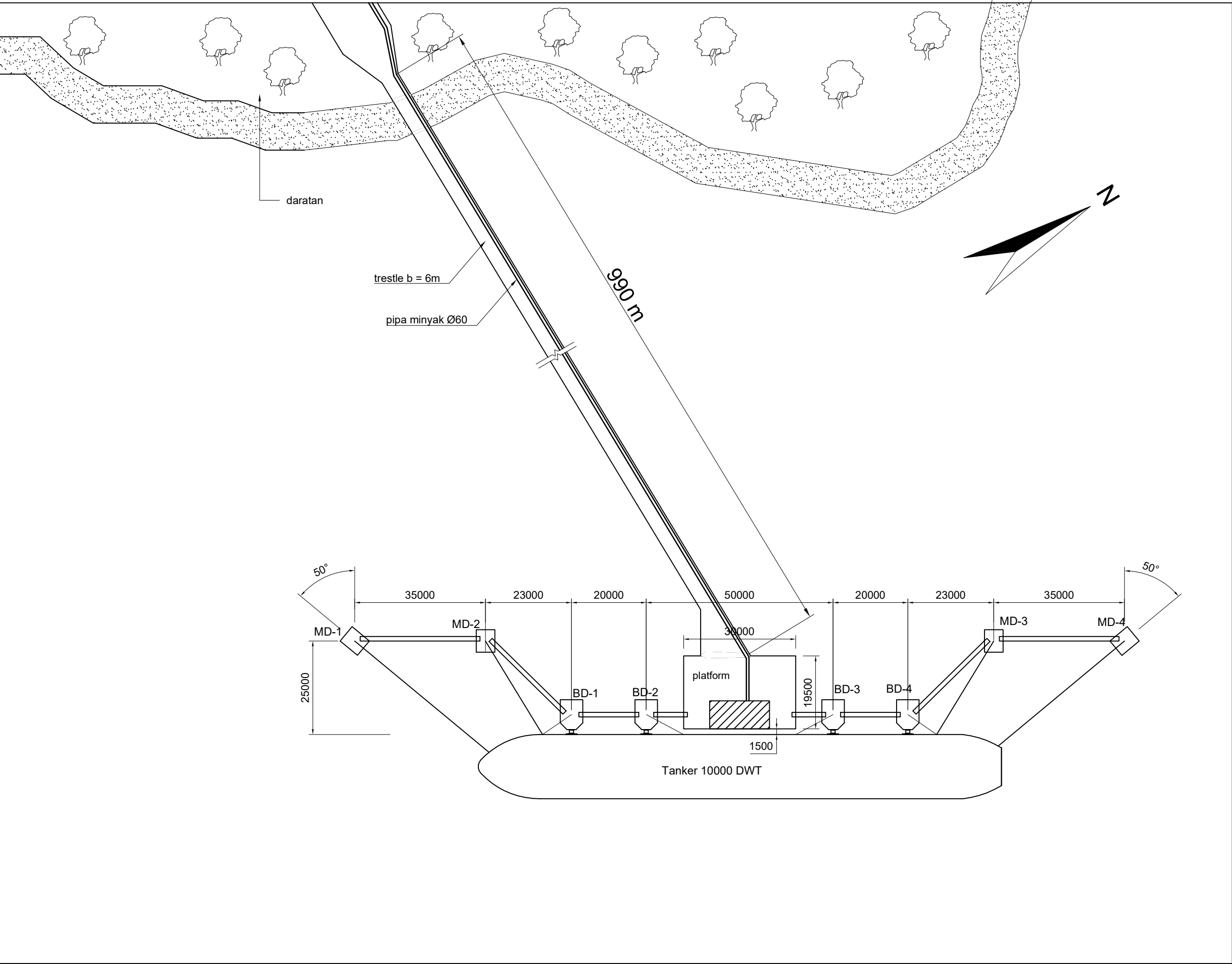
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

Jumlah gambar

12

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

skala gambar 1 : 1000



letak oil loading arm

elevasi bathymetri
berdasarkan Lws

Nama Gambar

Layout Dermaga Rencana terhadap
daratan dan simulasi ikatan mooring
(mooring 5)

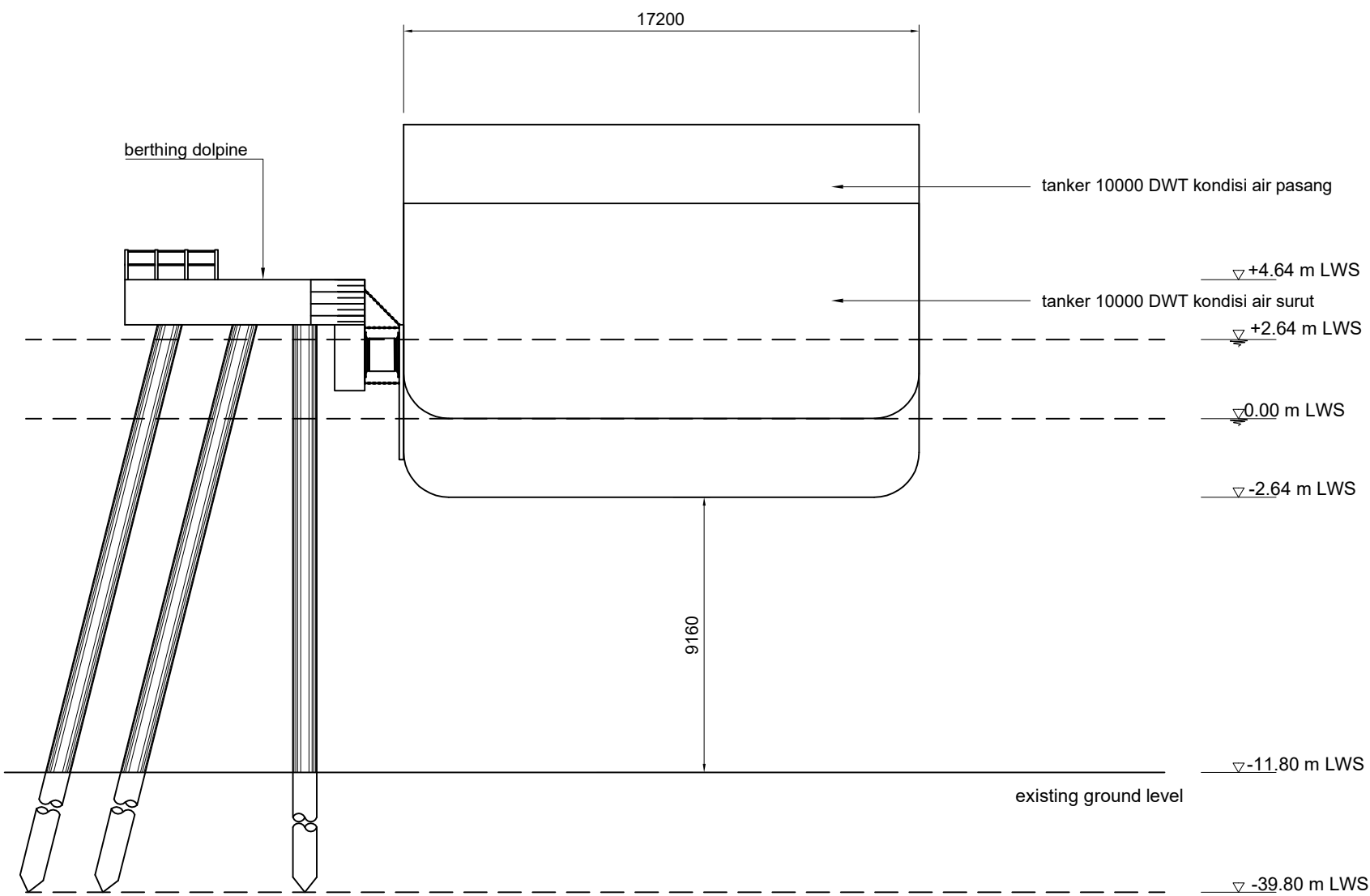
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

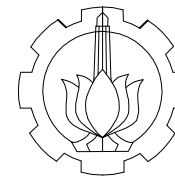
13

Jumlah gambar

59



Simulasi sandar dengan kondisi kapal kosong
1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

simulasi sandar kapal kondisi kosong

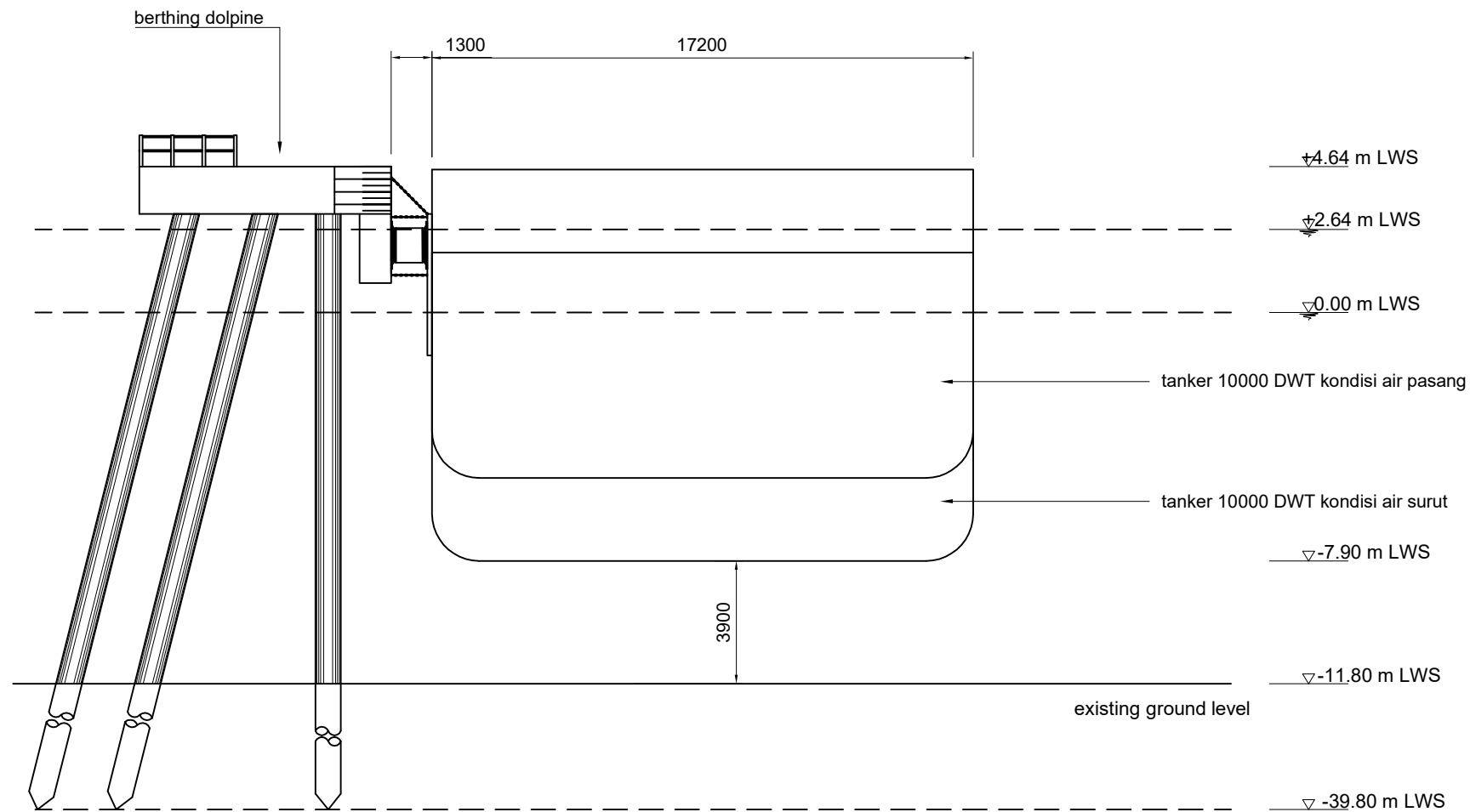
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

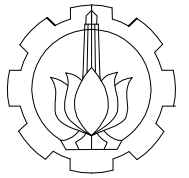
Jumlah gambar

14

59



Simulasi sandar dengan kondisi kapal penuh
1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

simulasi sandar kapal kondisi penuh

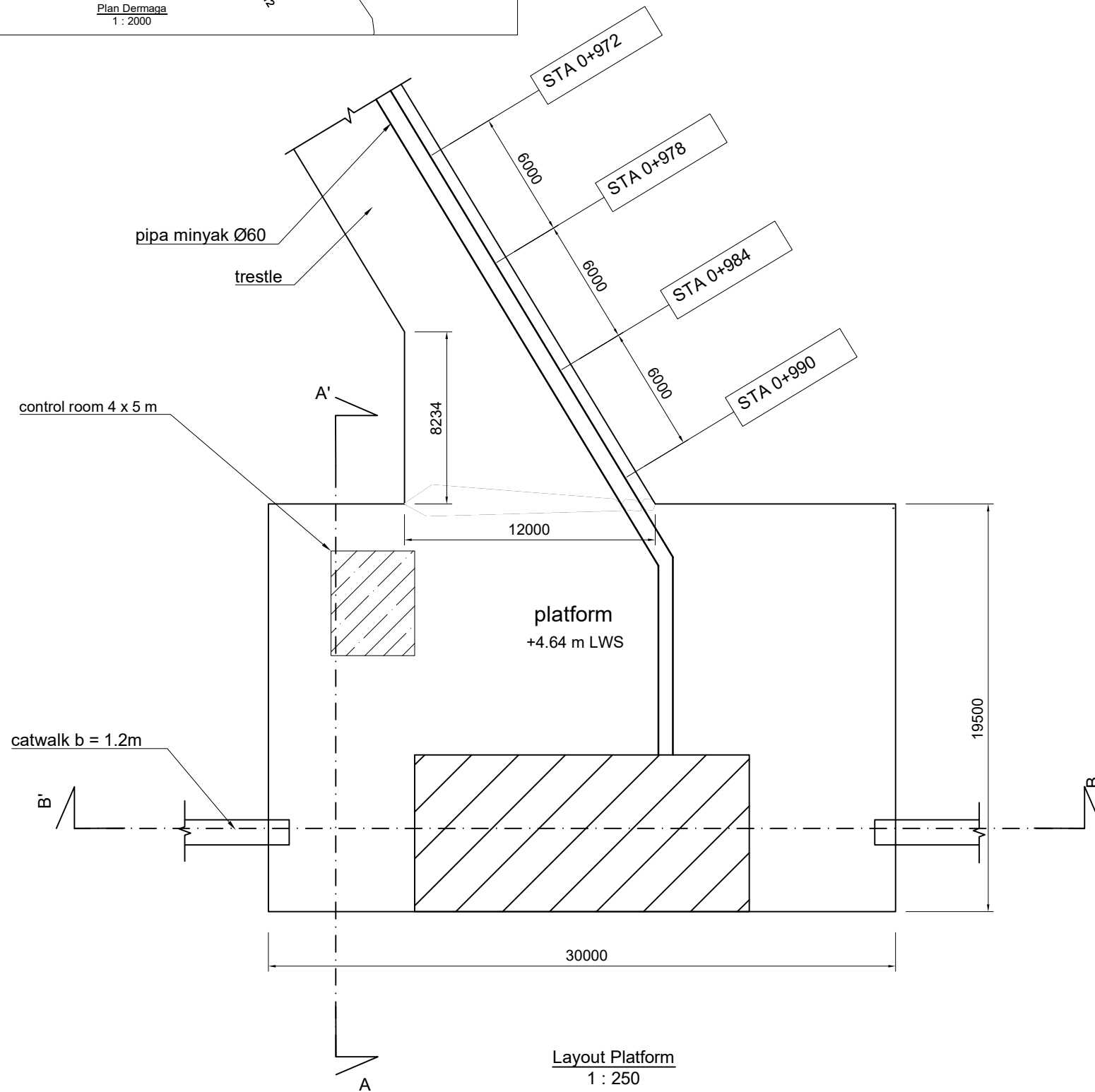
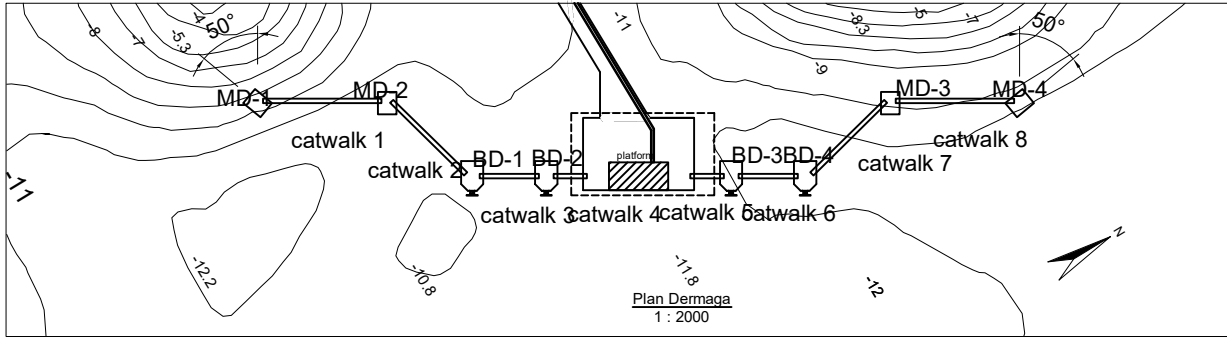
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

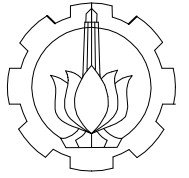
15

Jumlah gambar

59



Layout Platform
1 : 250



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh


Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

 letak oil loading arm
B1 : balok 30/50
B2 : balok 40/60
B3 : balok 60/80
B4 : balok 40/80

B2K : balok 40/60, kantilever
B3K : balok 60/80, kantilever
B4K : balok 40/80, kantilever

Nama Gambar

Layout platform

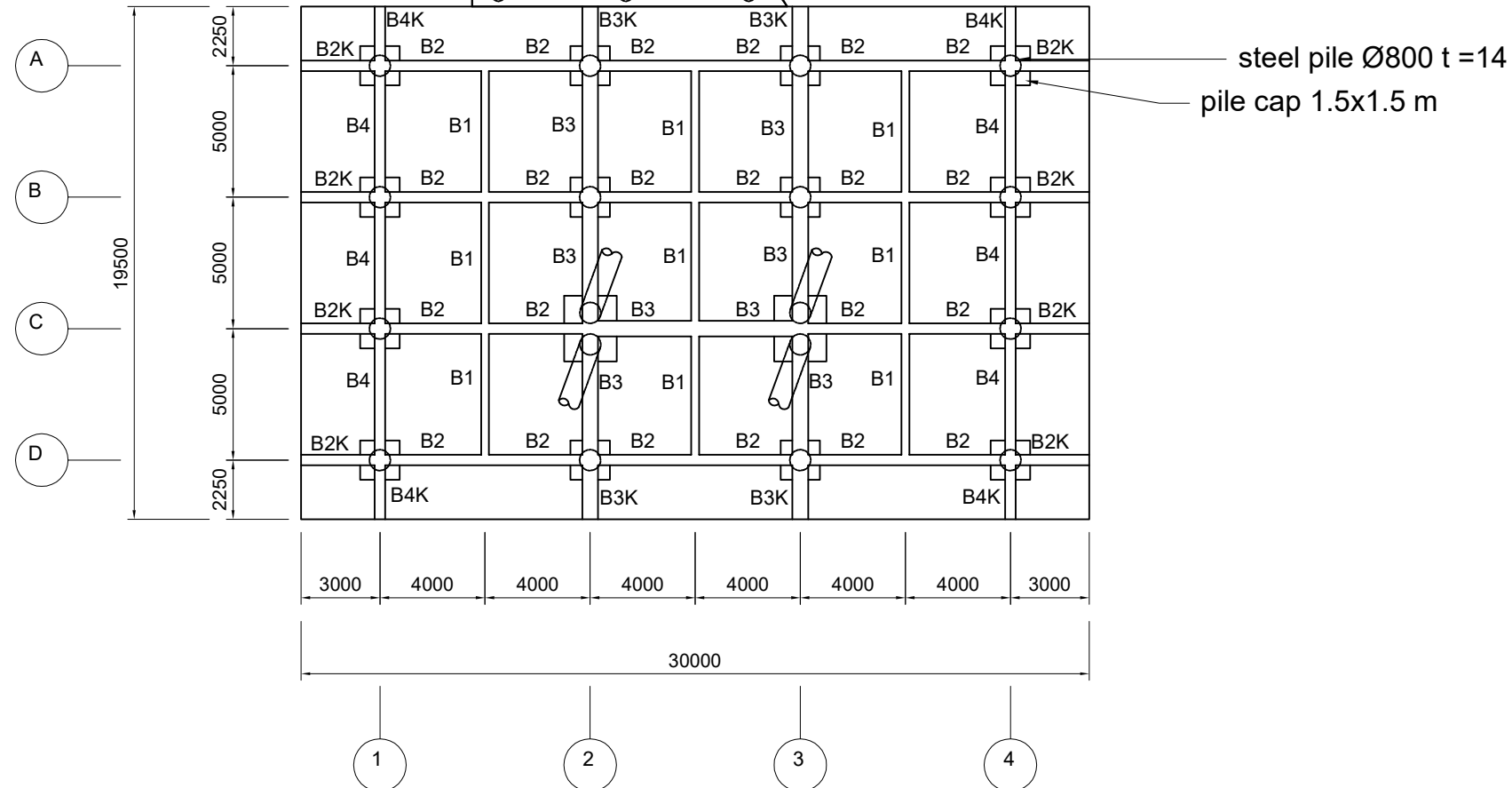
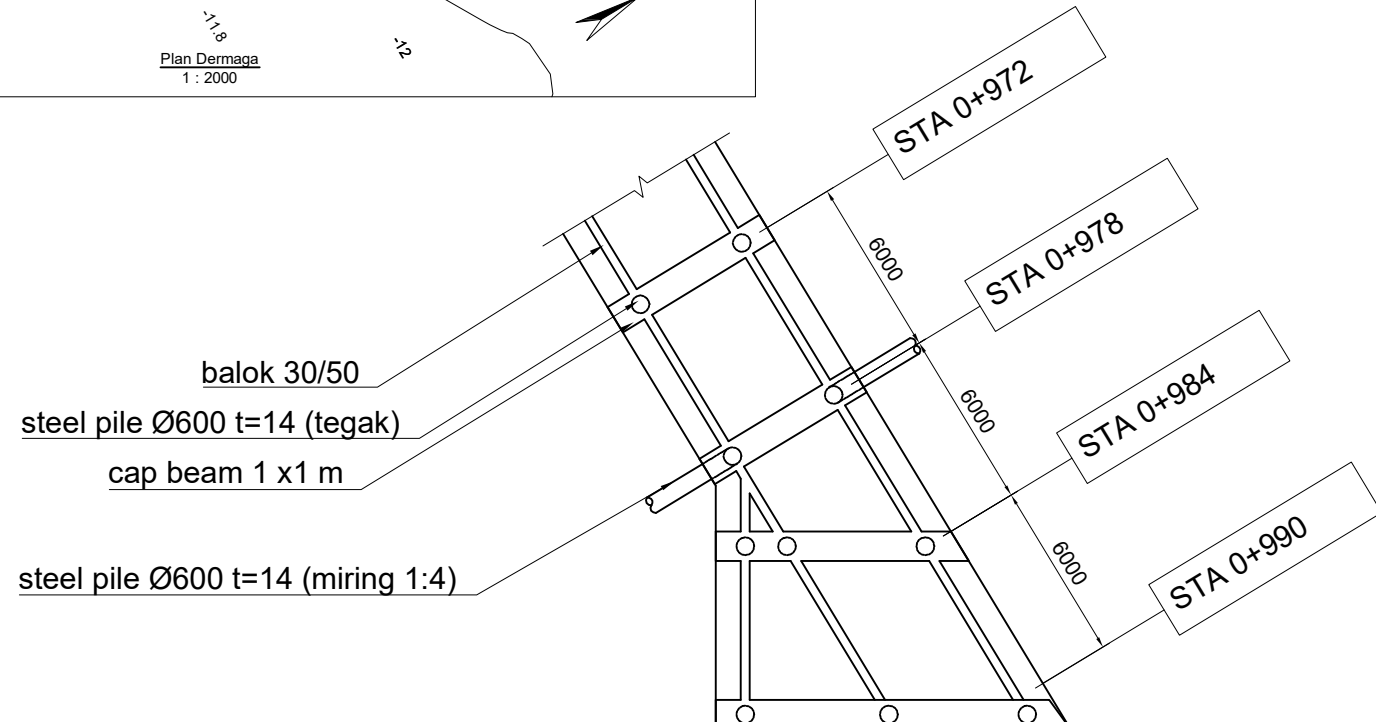
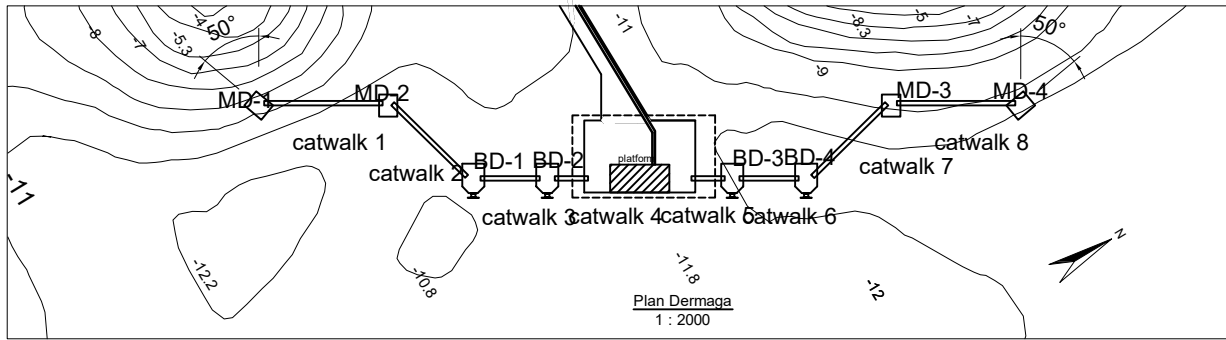
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

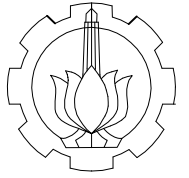
16

Jumlah gambar

59



Pembalokan Platform
1 : 250



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh


Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

 letak oil loading arm

B1 : balok 30/50
B2 : balok 40/60
B3 : balok 60/80
B4 : balok 40/80

B2K : balok 40/60, kantilever
B3K : balok 60/80, kantilever
B4K : balok 40/80, kantilever

Nama Gambar

pebalokan platform

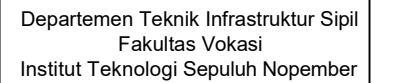
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

17

Jumlah gambar

59



Judul :

Dikerjakan oleh

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

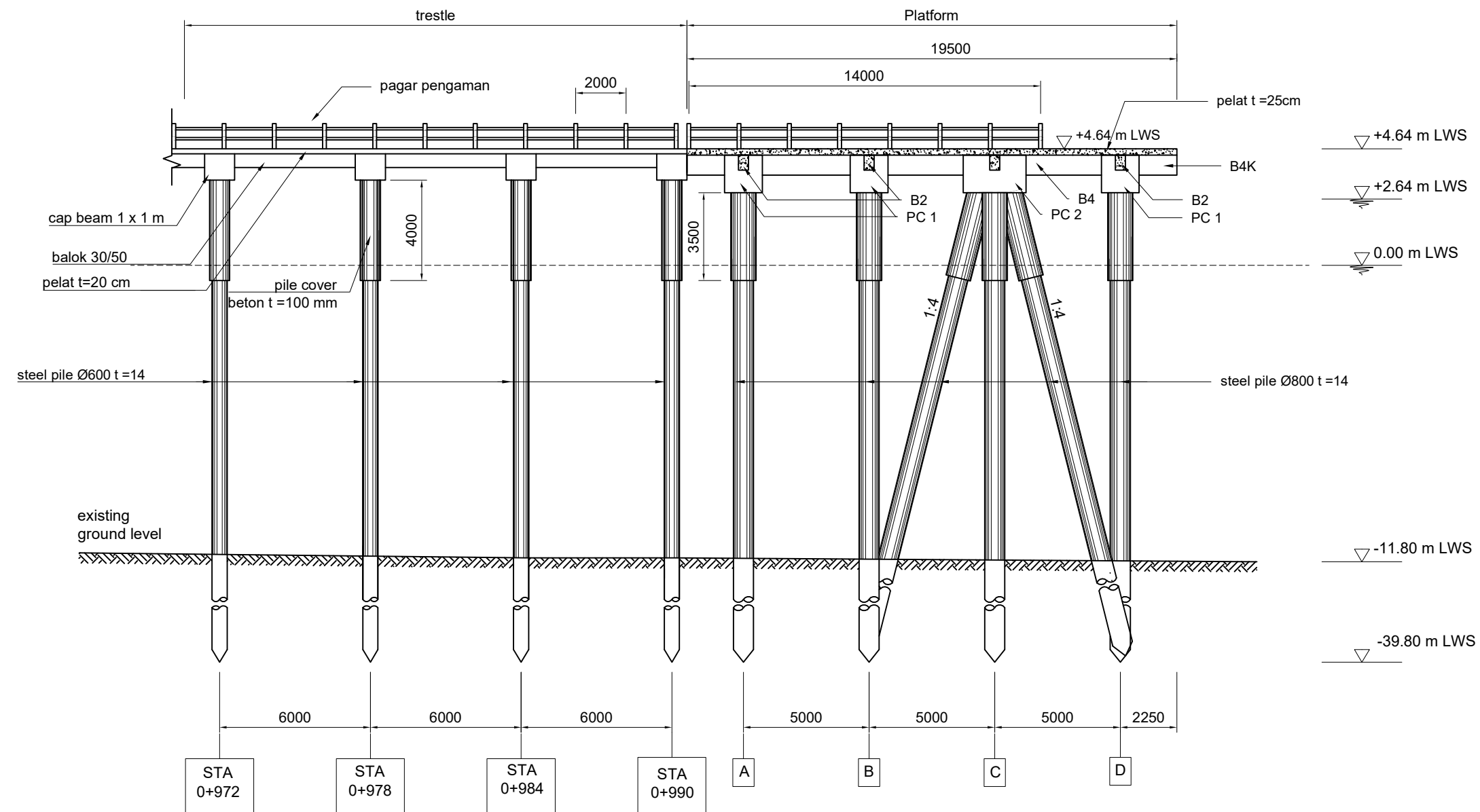
PC1 : Pile cap tipe 1, 1.5 x1.5 x1.5 m
PC2 : Pile cap tipe 2, 2 x2.5 x1.5 m

Potongan A-A' platform

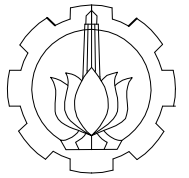
Nomor halaman	
---------------	--

18

59



Potongan A-A'
1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

B1 : balok 30/50
B2 : balok 40/60
B3 : balok 60/80
B4 : balok 40/80

B2K : balok 40/60, kantilever
B3K : balok 60/80, kantilever
B4K : balok 40/80, kantilever

PC1 : Pile cap tipe 1, 1.5 x1.5 x1.5 m
PC2 : Pile cap tipe 2, 2 x2.5 x1.5 m

Nama Gambar

Potongan B-B' platform

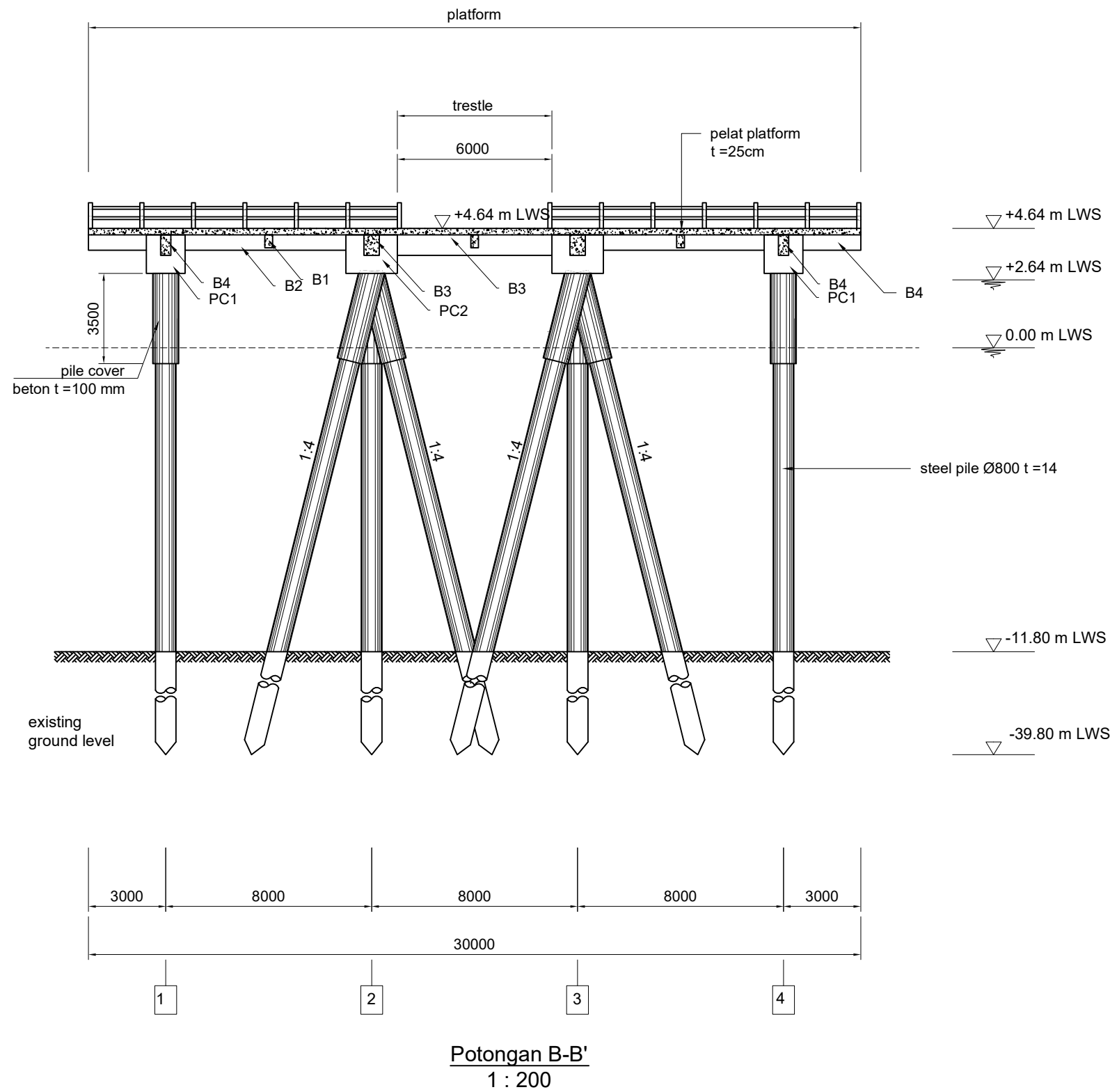
skala untuk plotting ukuran kertas A3

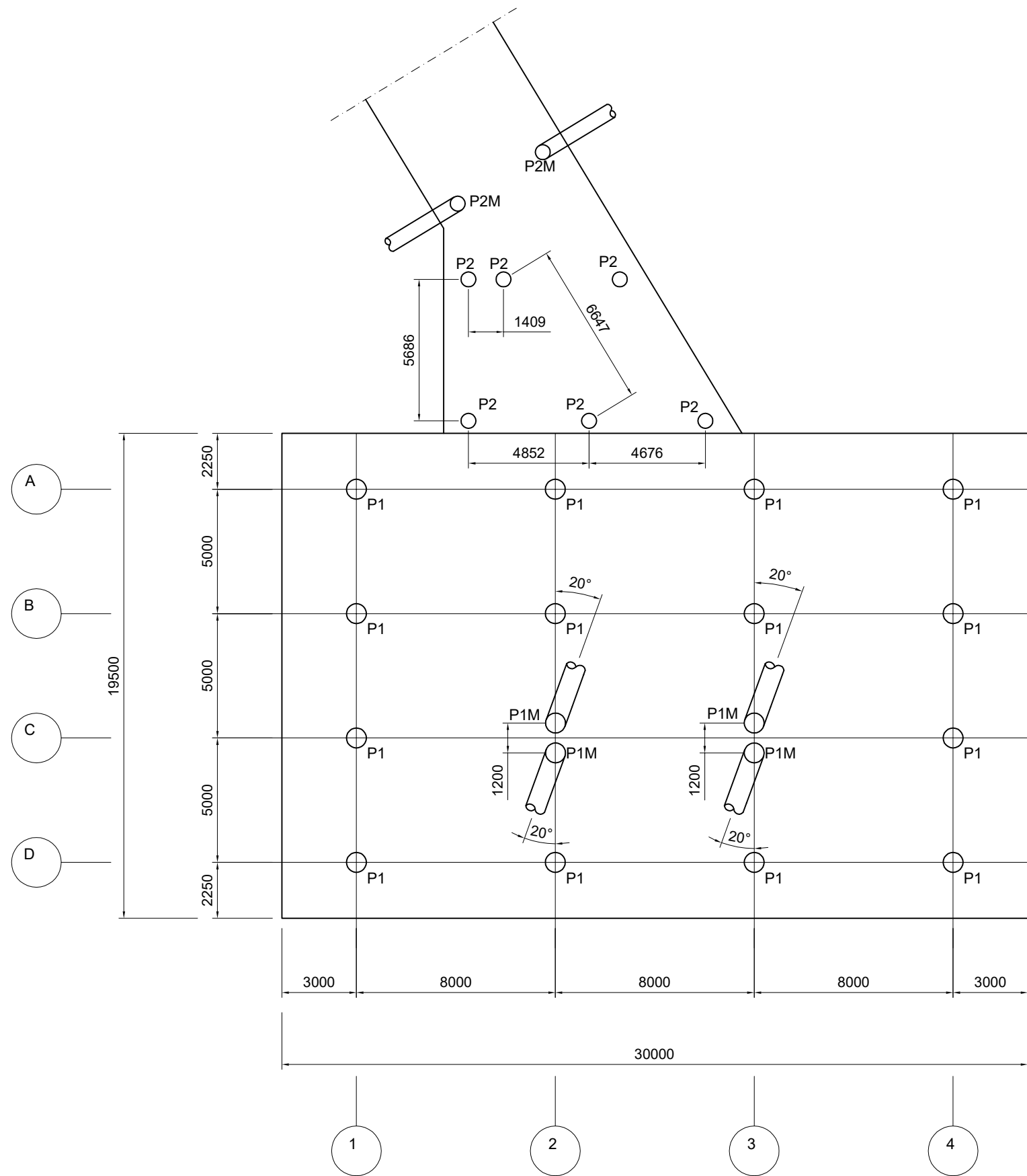
Nomor halaman

Jumlah gambar

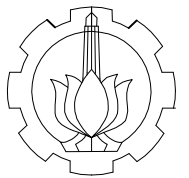
19

59





Denah tiang pancang platform
1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

P1 : steel pile Ø800 14 tegak
P1M : steel pile Ø800 14 miring 1:4
P2 : steel pile Ø600 14 tegak
P2M : steel pile Ø600 14 miring 1:4

Nama Gambar

Denah tiang pancang platform

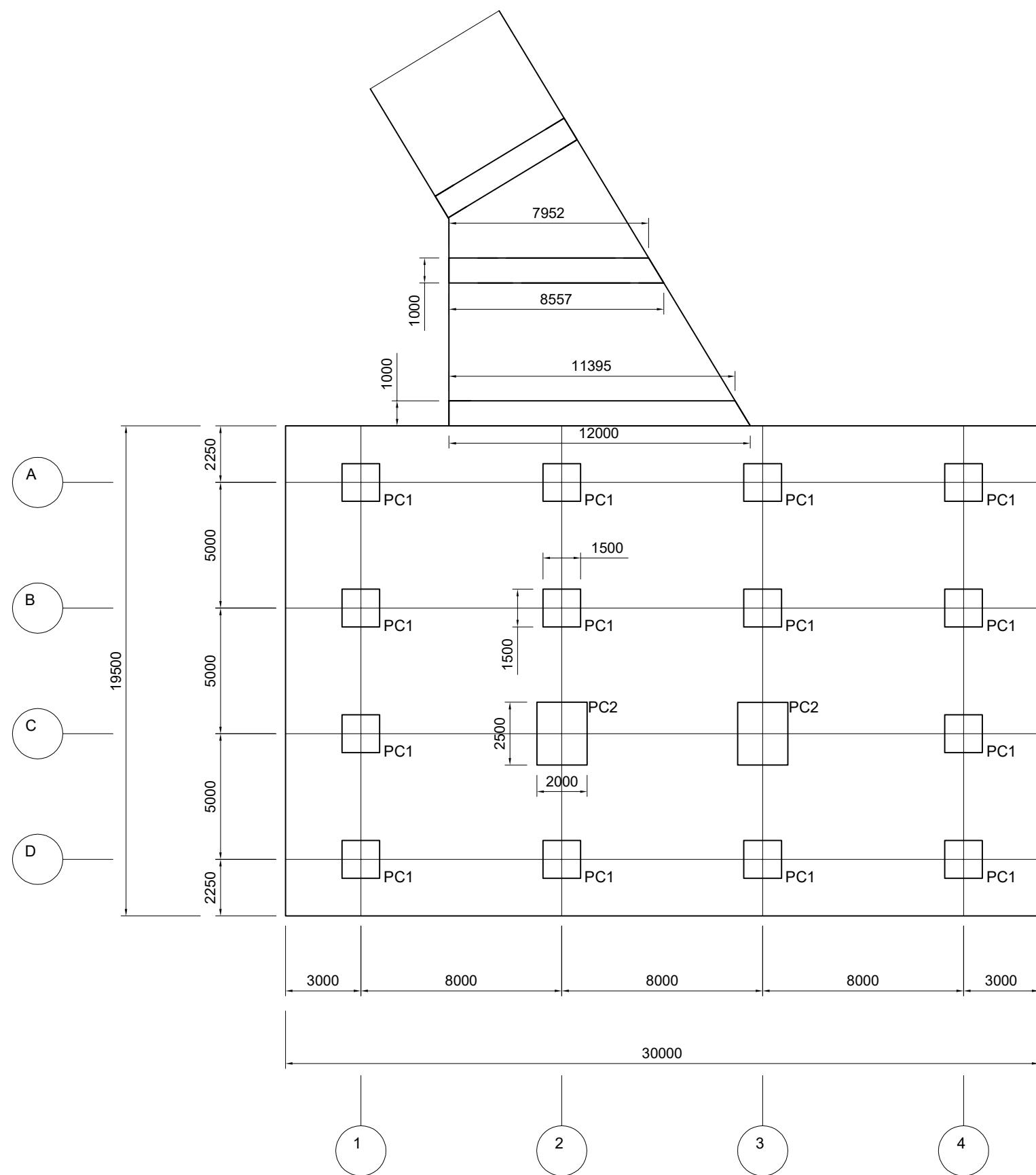
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

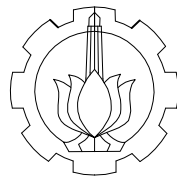
20

Jumlah gambar

59



Denah Pile cap platform
1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

PC1 : Pile cap tipe 1, 1.5 x1.5 x1.5 m
PC2 : Pile cap tipe 2, 2 x2.5 x1.5 m

Nama Gambar

Denah pile cap platform

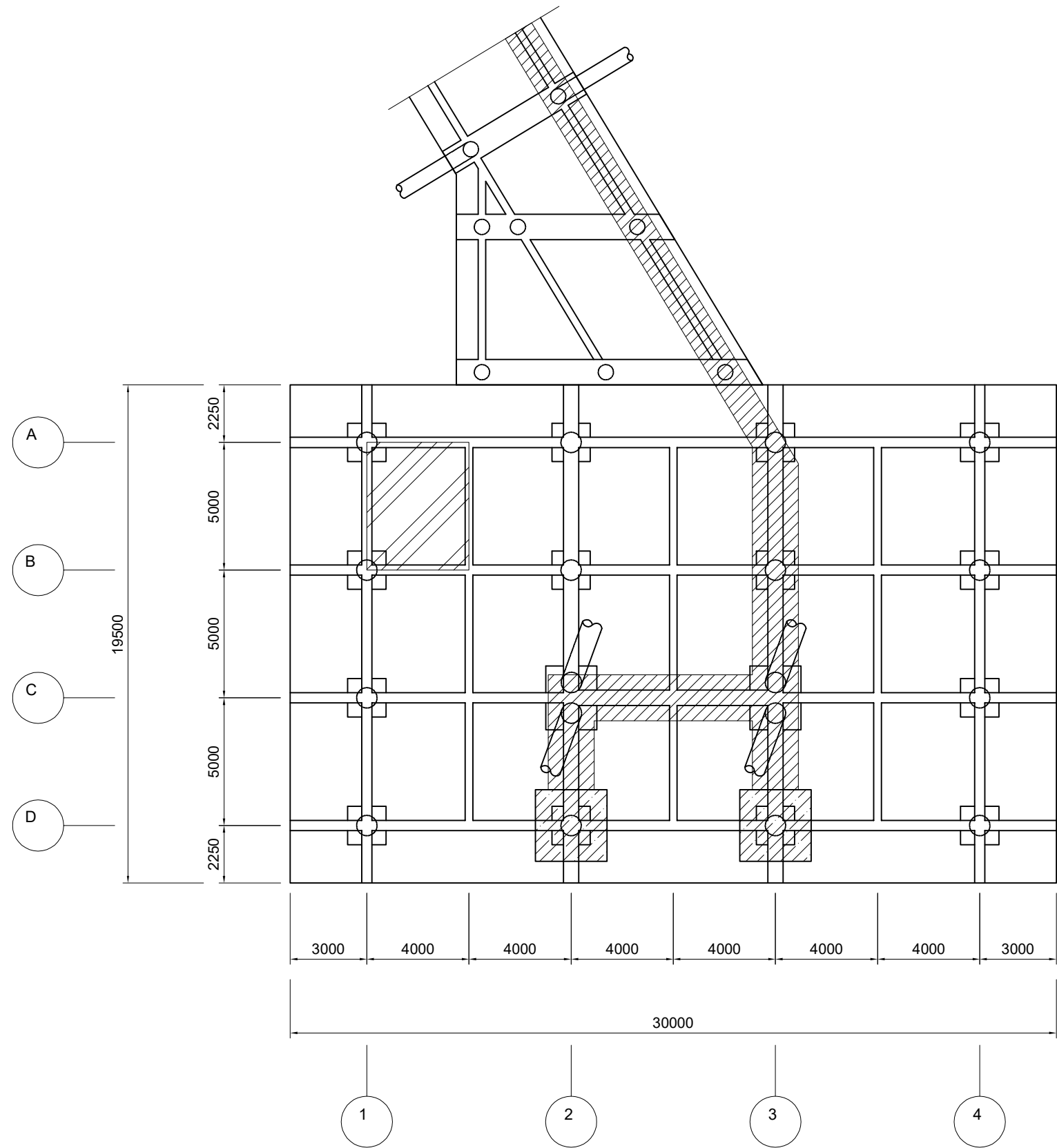
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

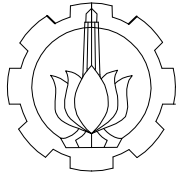
Jumlah gambar

21

59



denah jalur pipa dan Loading arm
1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

- oil loading arm
- jalur pipa
- control room

Nama Gambar

denah jalur perpipaan dan letak
oilloading arm

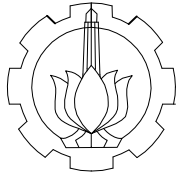
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

Jumlah gambar

22

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Layout berthing dolpine

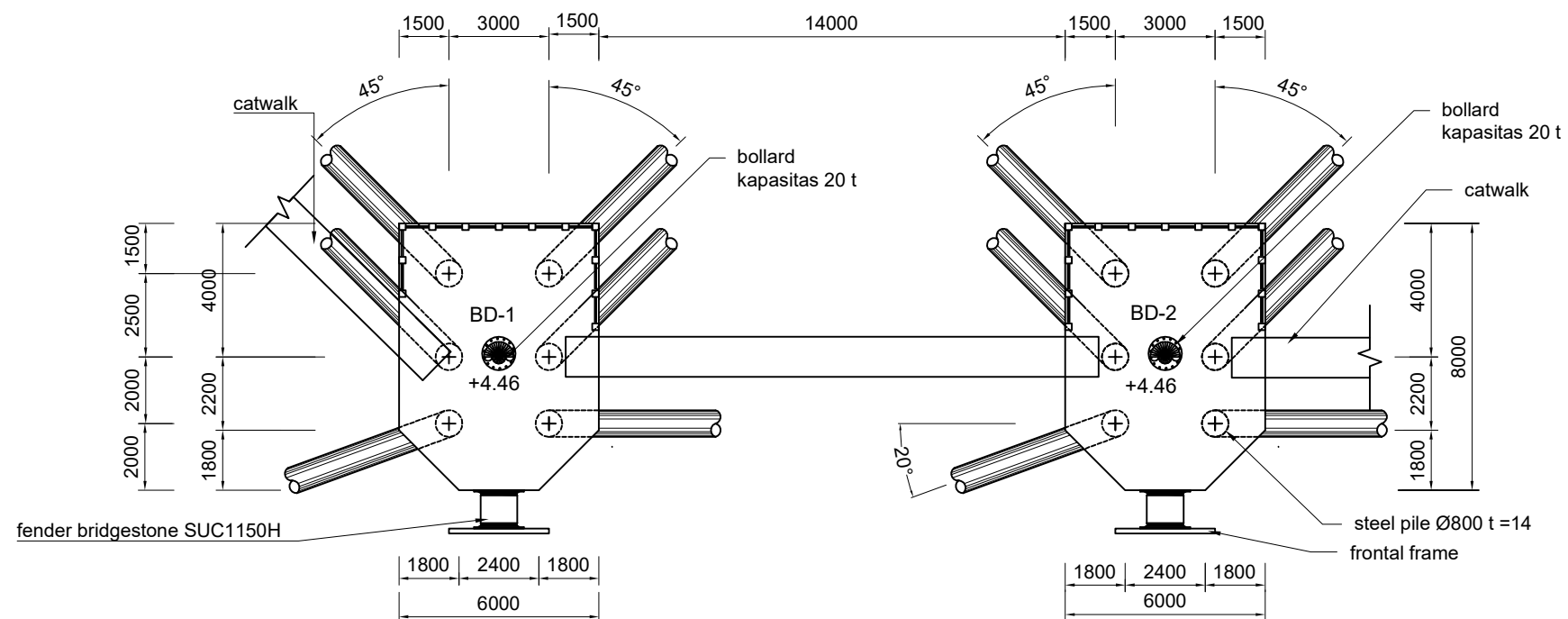
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

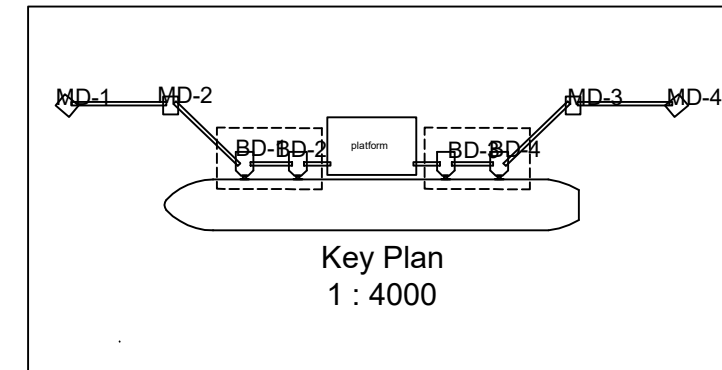
23

Jumlah gambar

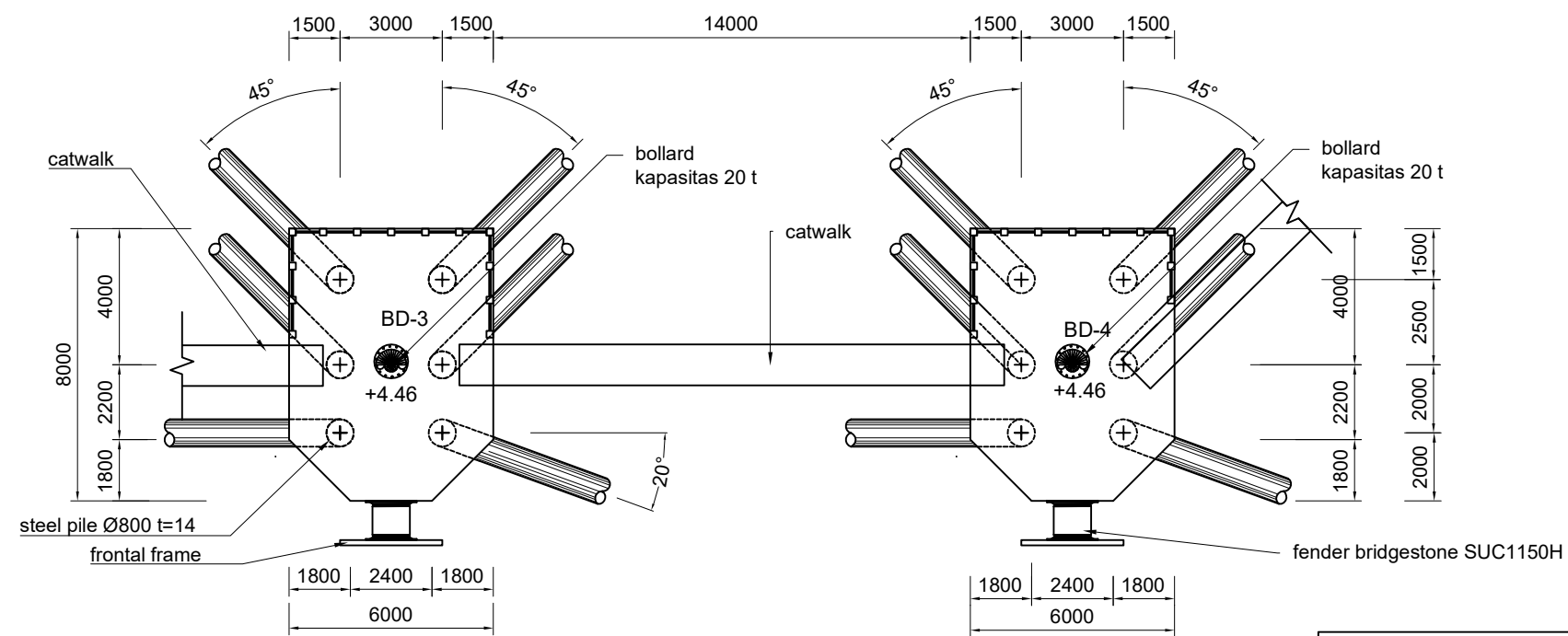
59



Plan BD-1, BD-2
1 : 200

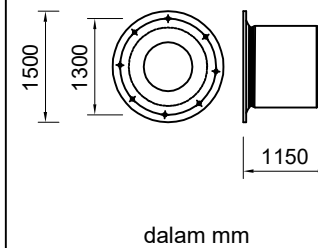


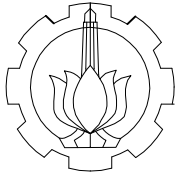
Key Plan
1 : 4000



Plan BD-3, BD-4
1 : 200

Bridgestone Marine Fender	
Tipe	SUC1150H
Rubber Grade	R1
Rated Deflection	52.5%
Energy Absorbtion	23.8 ton.m
Reacting Force	47.1 ton





Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Tampak depan dan samping berthing
dolpine

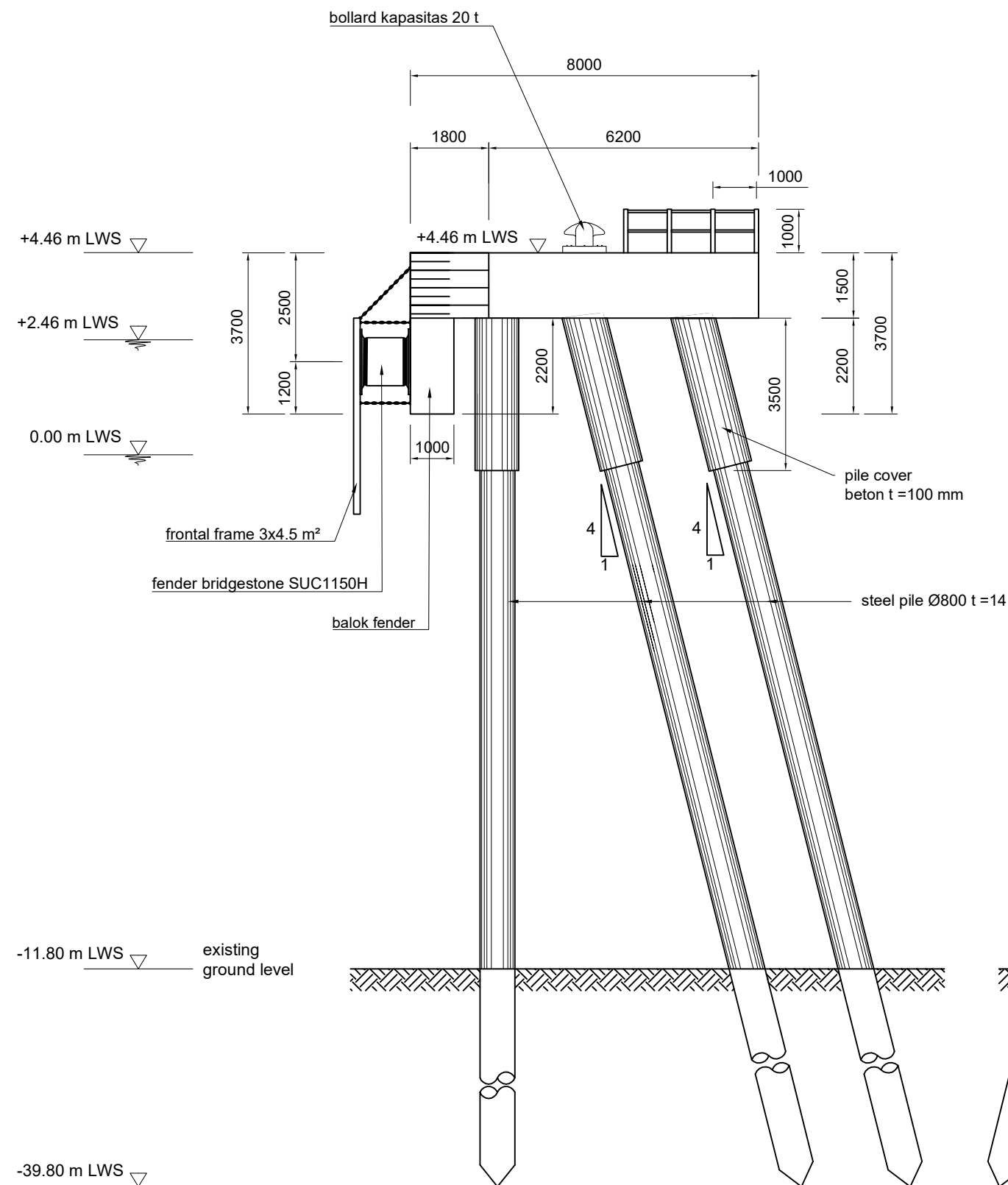
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

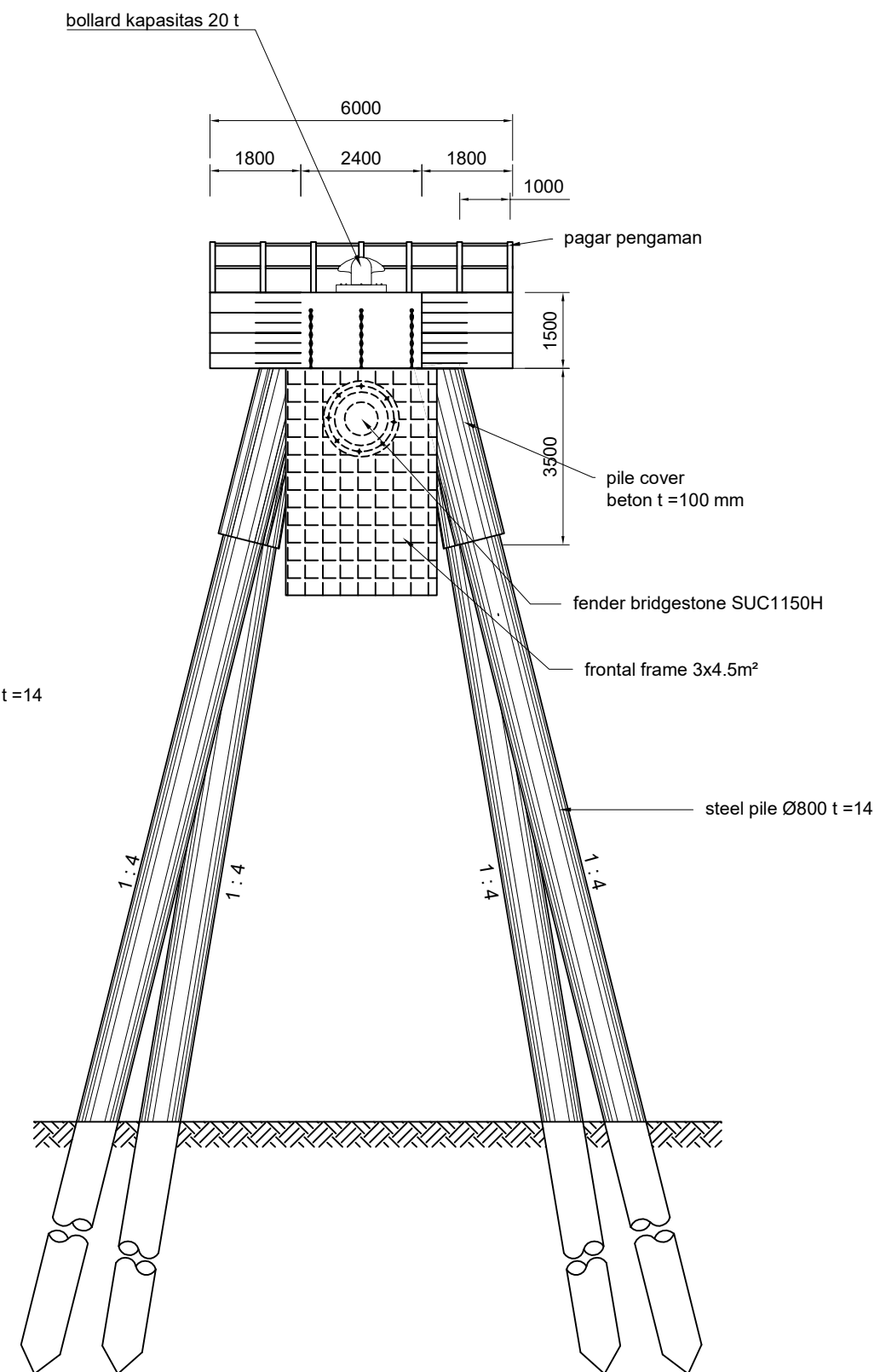
Jumlah gambar

24

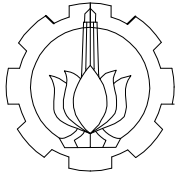
59



Tampak Samping Berthing Dolphine
1 : 125



Tampak Depan Berthing Dolphine
1 : 125



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Layout mooring dolpine

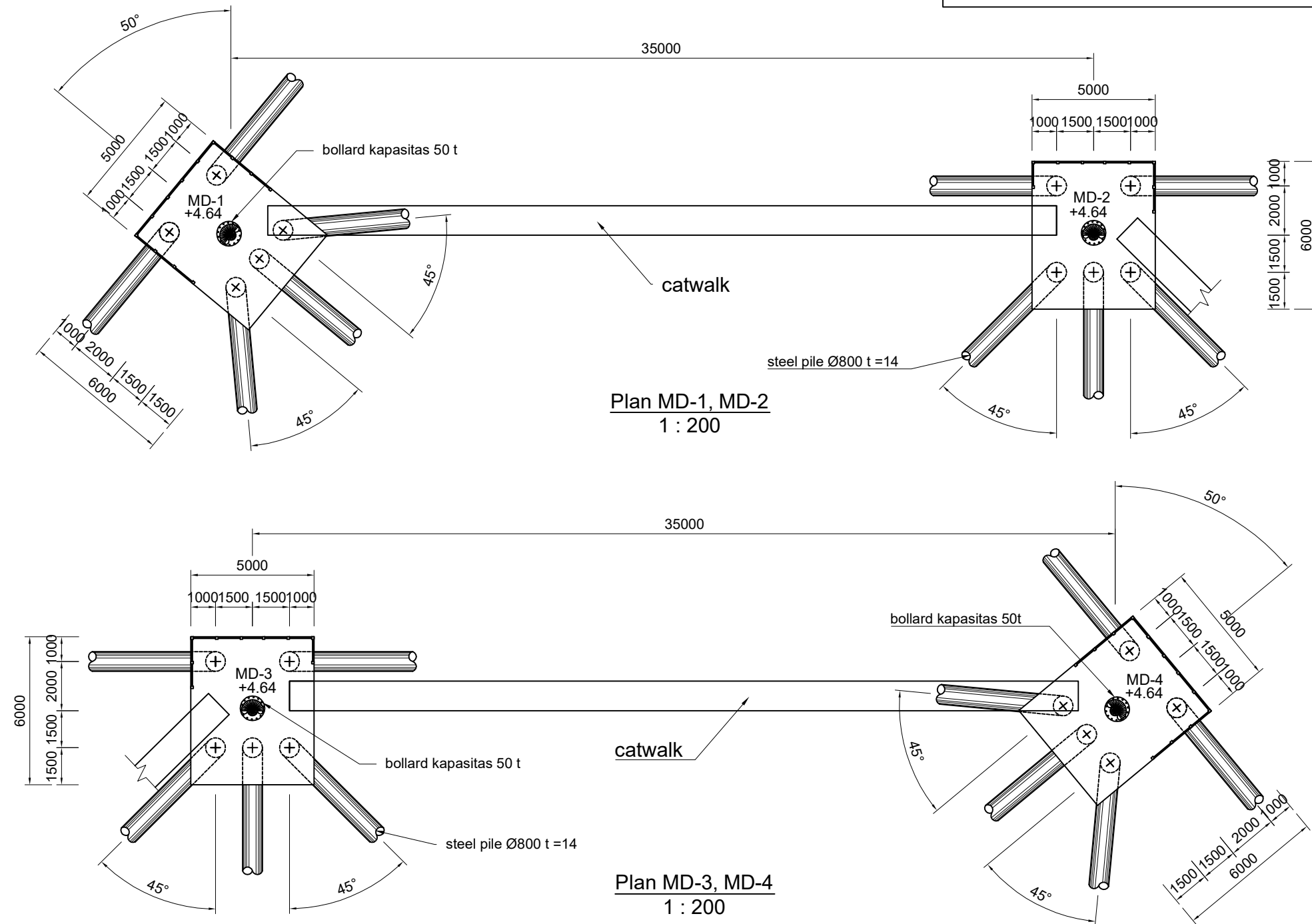
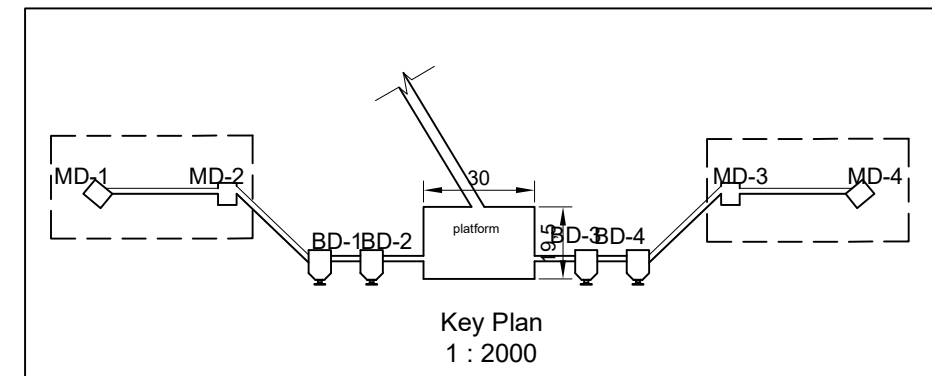
skala untuk plotting ukuran kertas A3

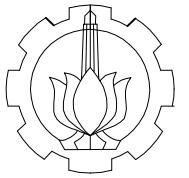
Nomor halaman

25

Jumlah gambar

59





Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

tampak samping dan depan mooring
dolpine

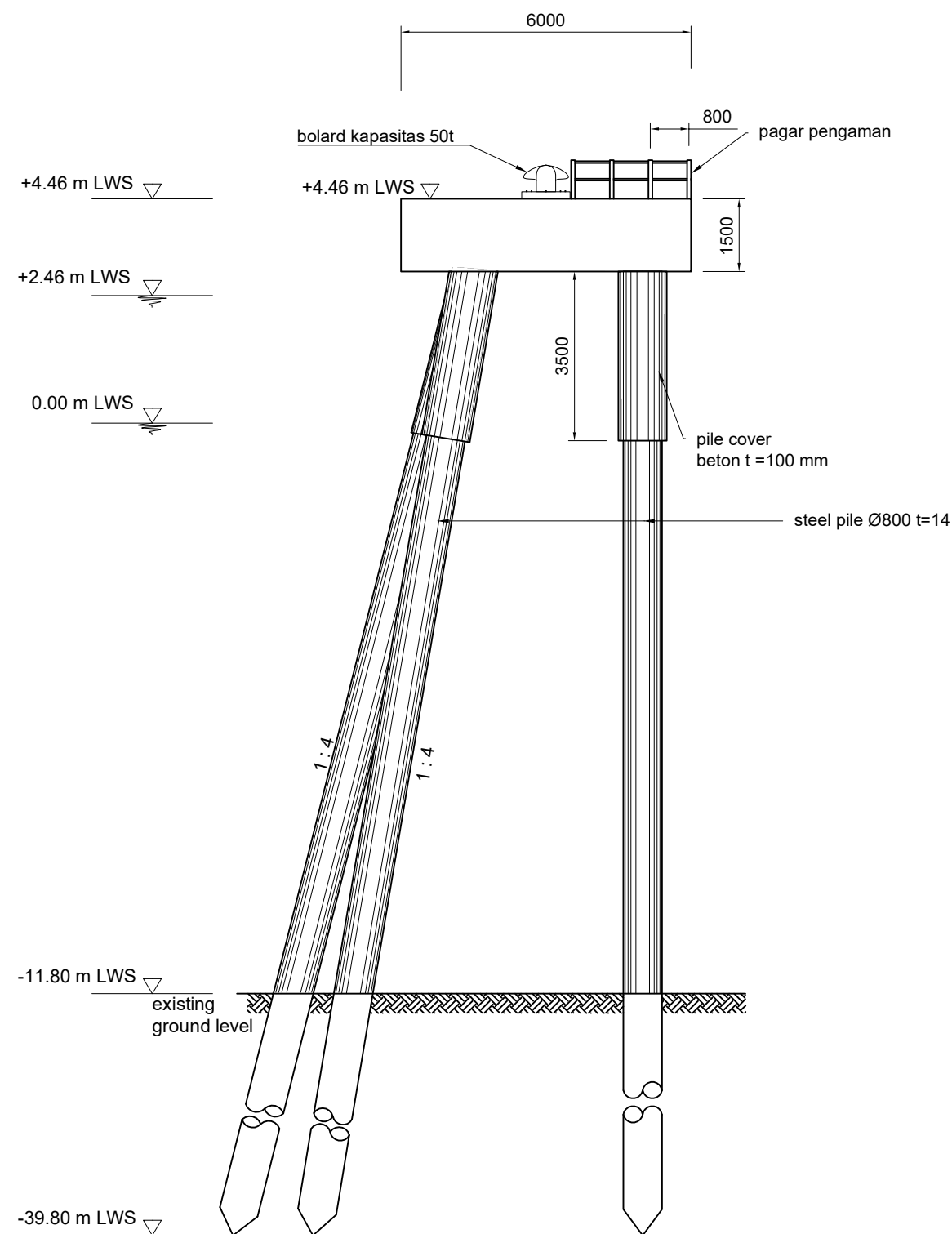
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

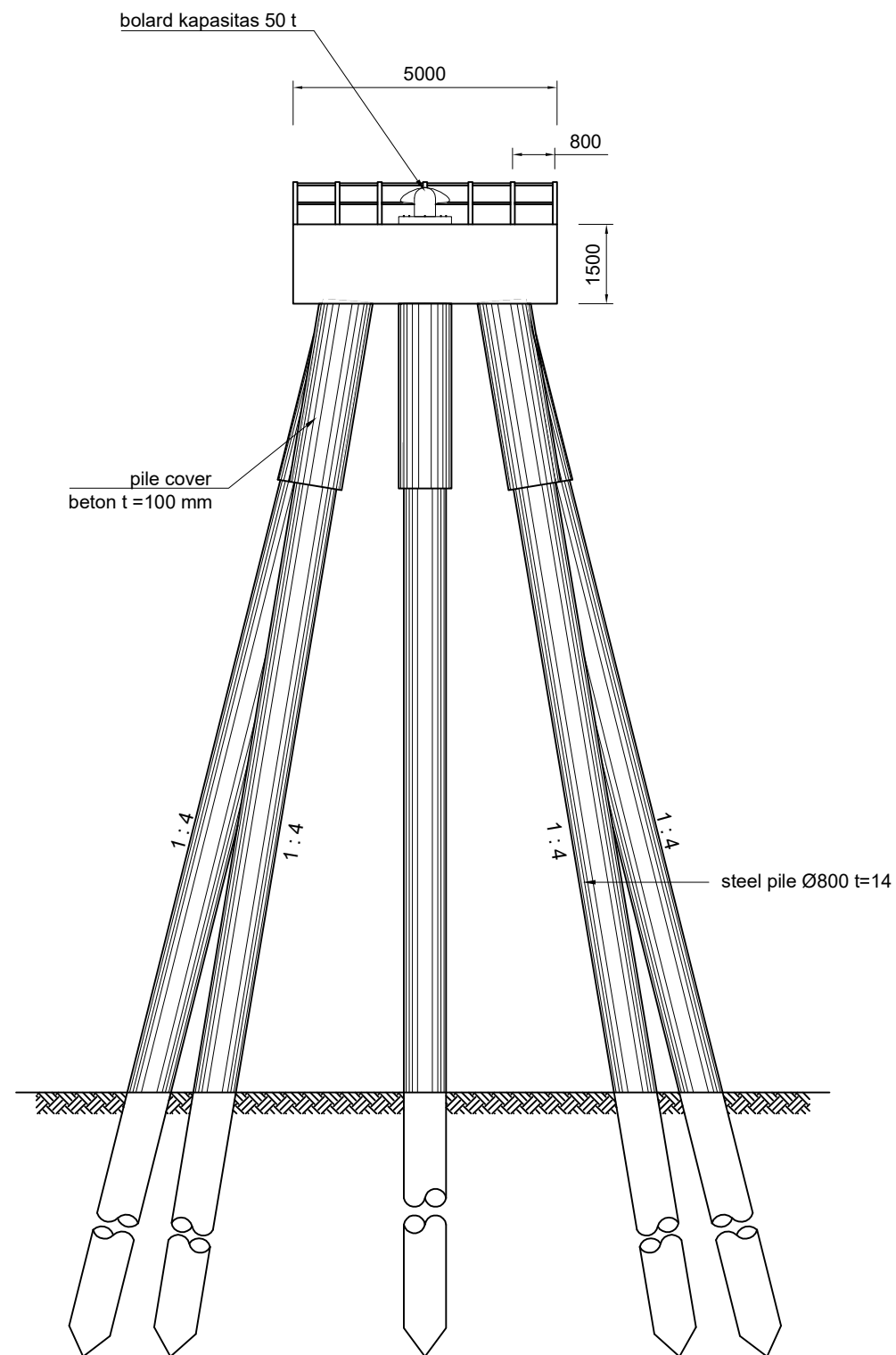
Jumlah gambar

26

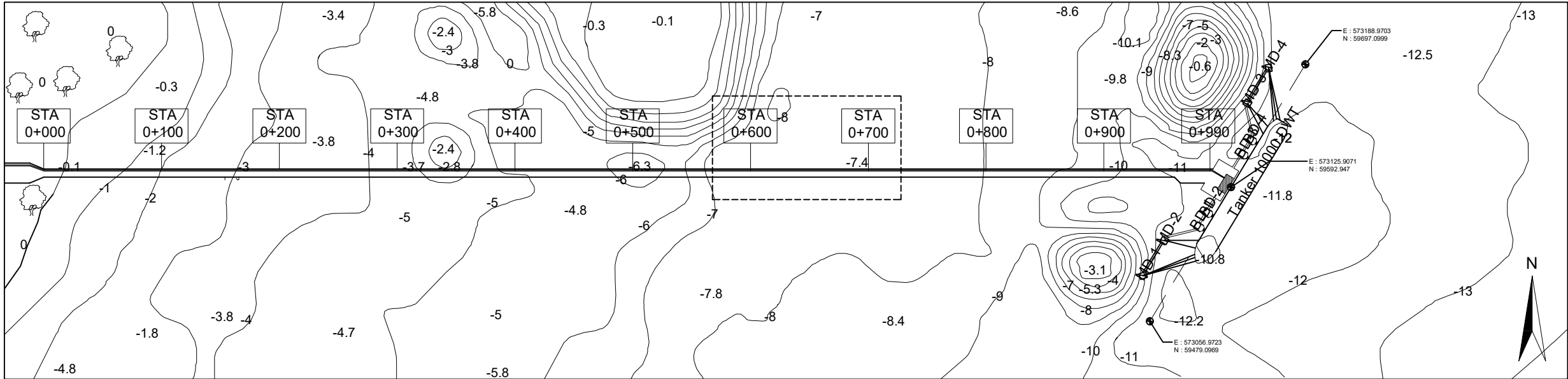
59



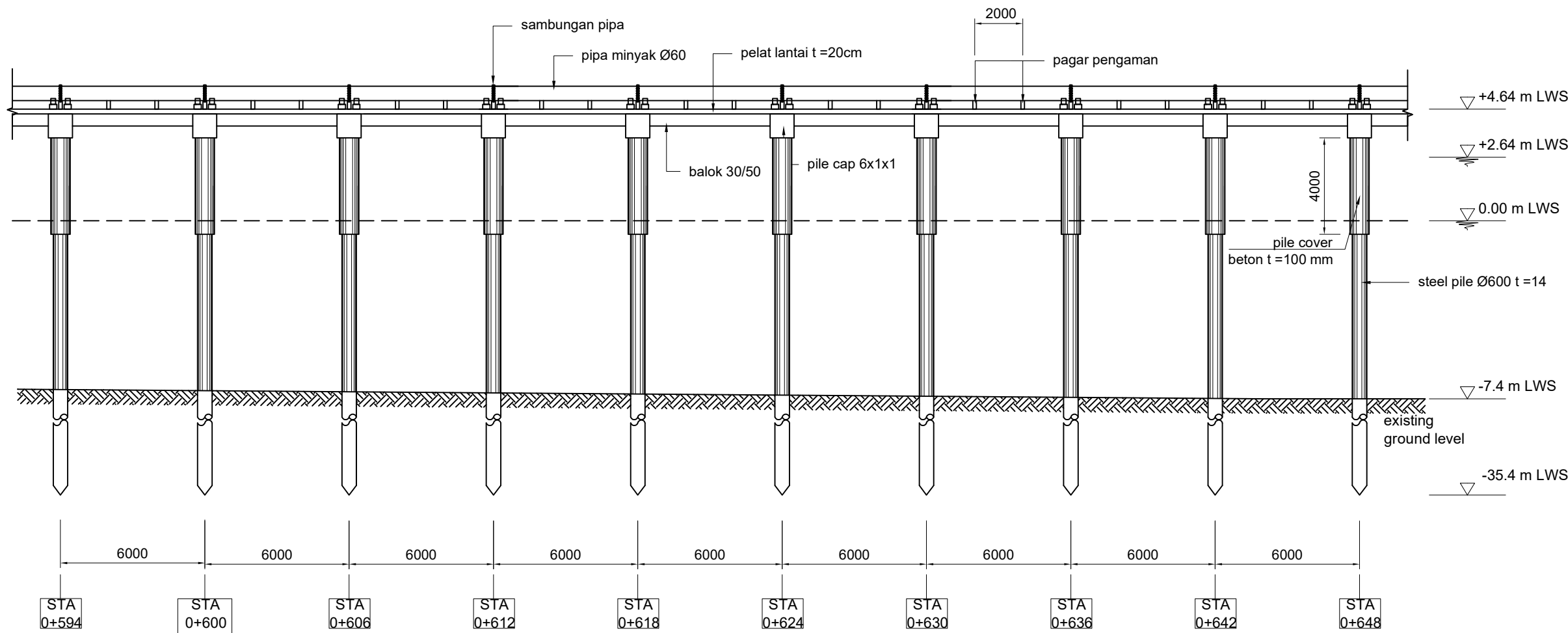
Tampak Samping Mooring Dolpine
1 : 125



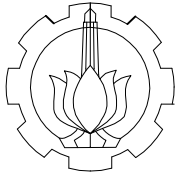
Tampak Depan Mooring Dolpine
1 : 125



Bathymetri dengan layout Dermaga Rencana
scale 1 : 4000



Long Section Trestle STA 0+596 sd STA 0+648
skala 1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

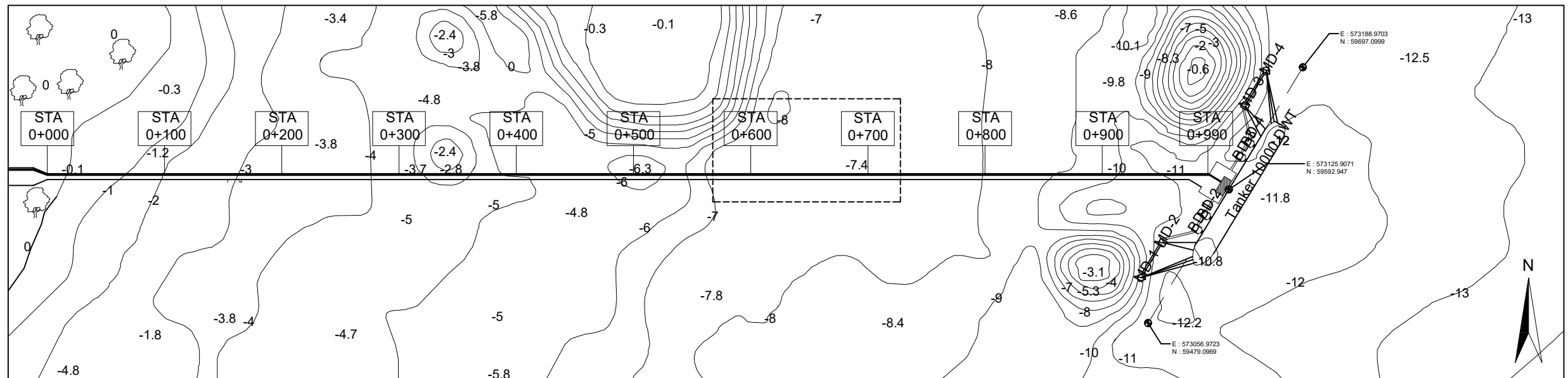
LONG section trestle STA 0+594 sd
0+648

skala untuk plotting ukuran kertas A3

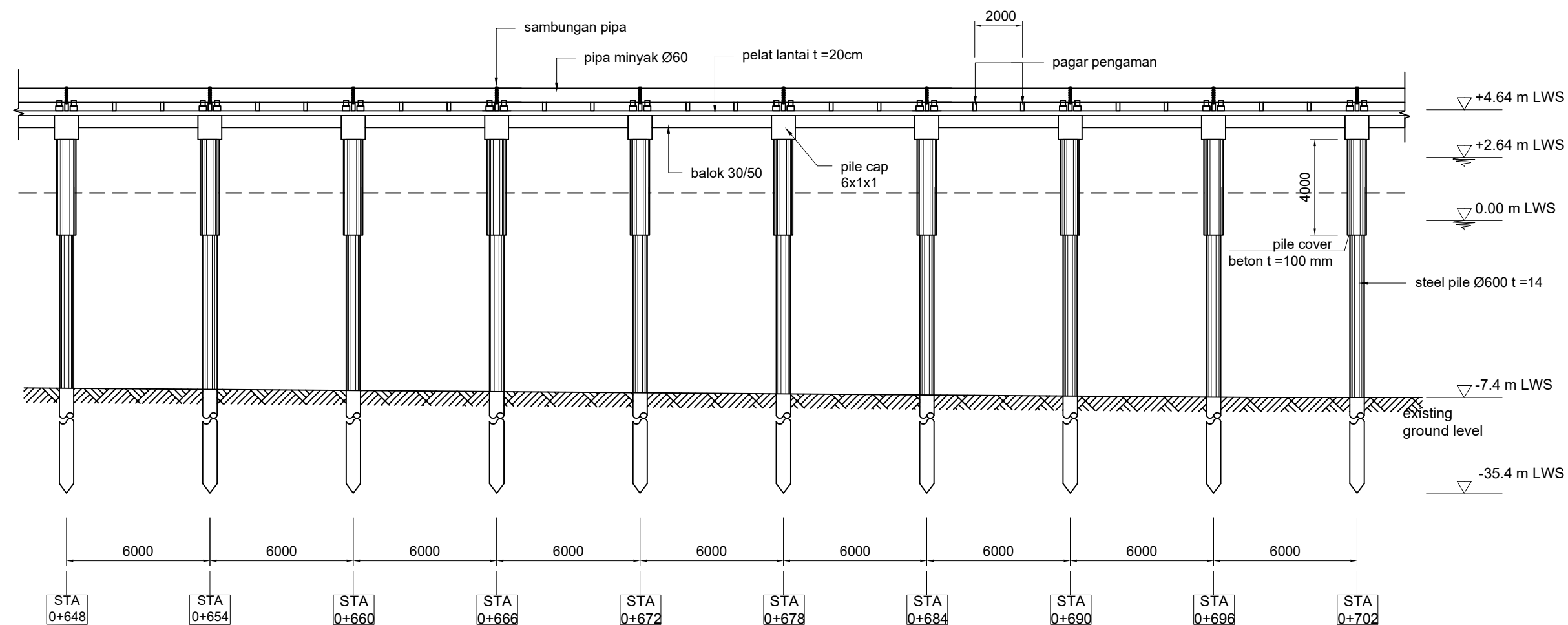
Nomor halaman Jumlah gambar

27

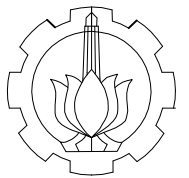
59



Bathymetri dengan layout Dermaga Rencana
scale 1 : 4000



Long Section Trestle STA 0+648 sd STA 0+702
skala 1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Long section trestle STA 0+648 sd
0+702

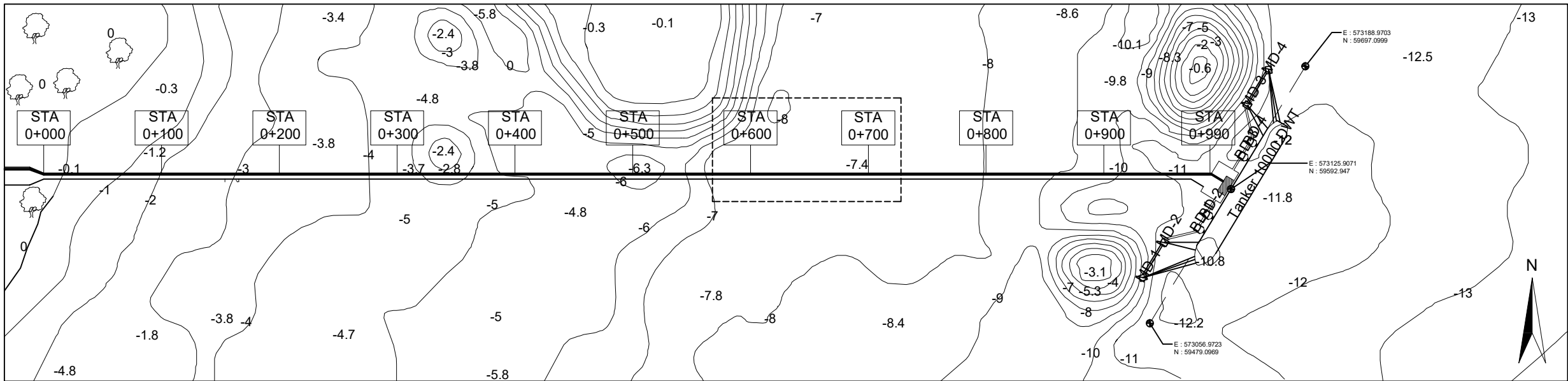
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

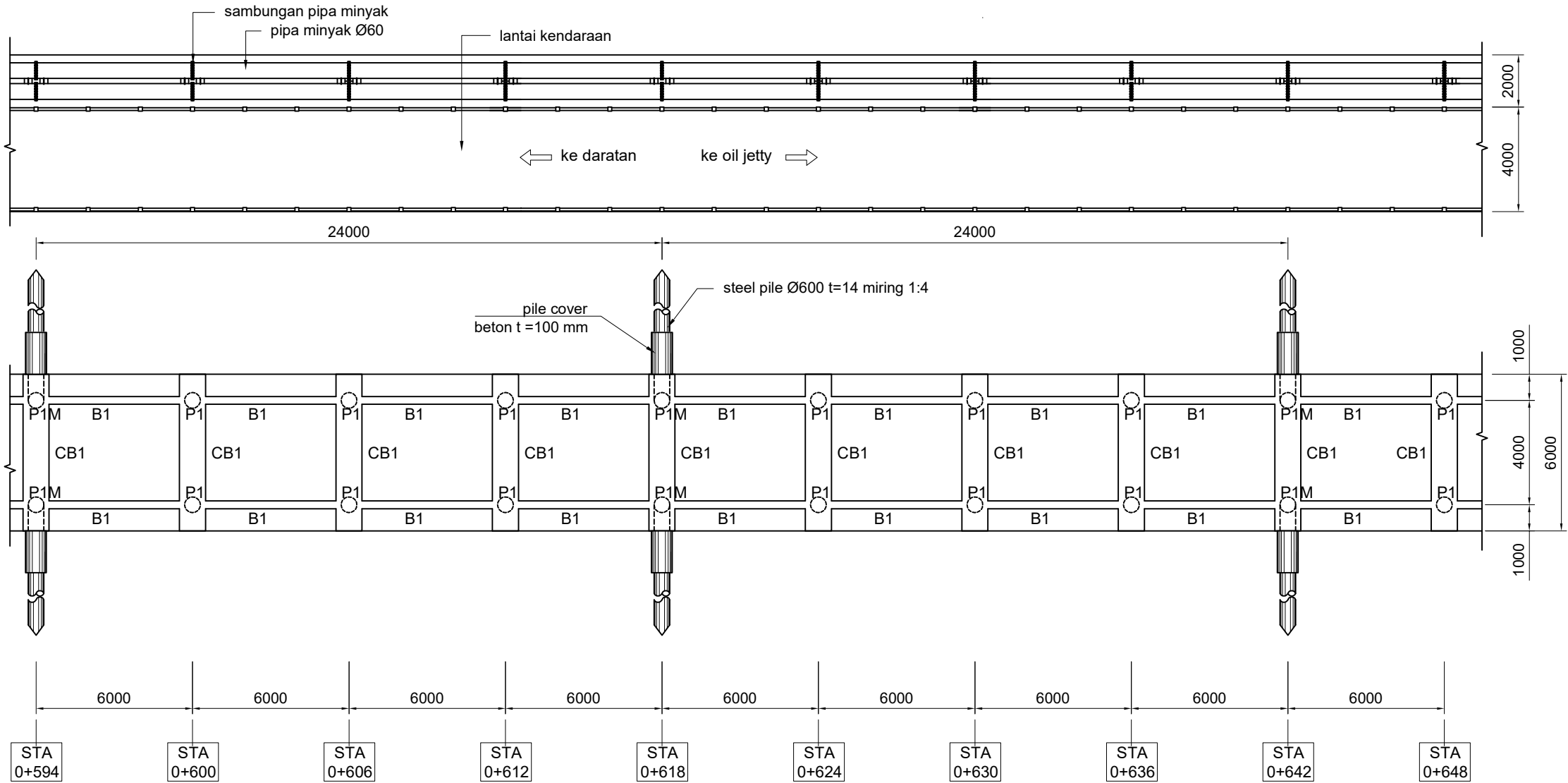
28

Jumlah gambar

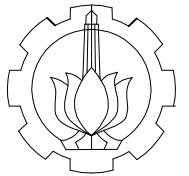
59



Bathymetri dengan layout Dermaga Rencana
scale 1 : 4000



tampak atas dan pembalokan Trestle STA 0+596 sd STA 0+648
skala 1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausy
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

B1 : balok 30/50
CB1 : Cap Beam 1 x 1 m
P1 : tiang pancang Ø600 t=14
tegak
P1M : tiang pancang Ø600 t=14
miring 1:4

pemasangan tiang pancang miring
disetiap jarak 24 meter

semua satuan dalam meter

Nama Gambar

tampak atas, denah pembalokan dan
tiang pancang trestle STA 0+594 sd
0+648

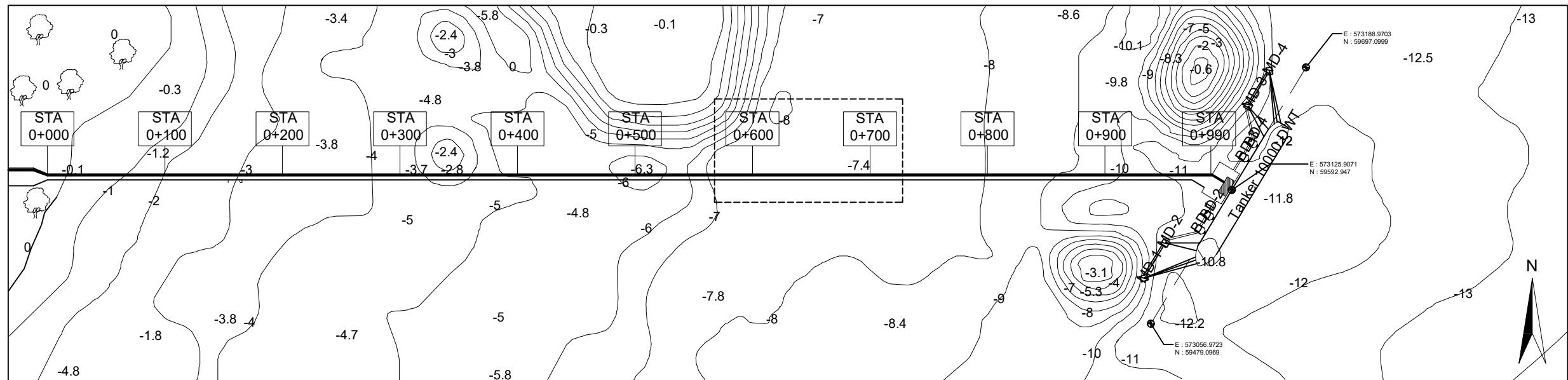
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

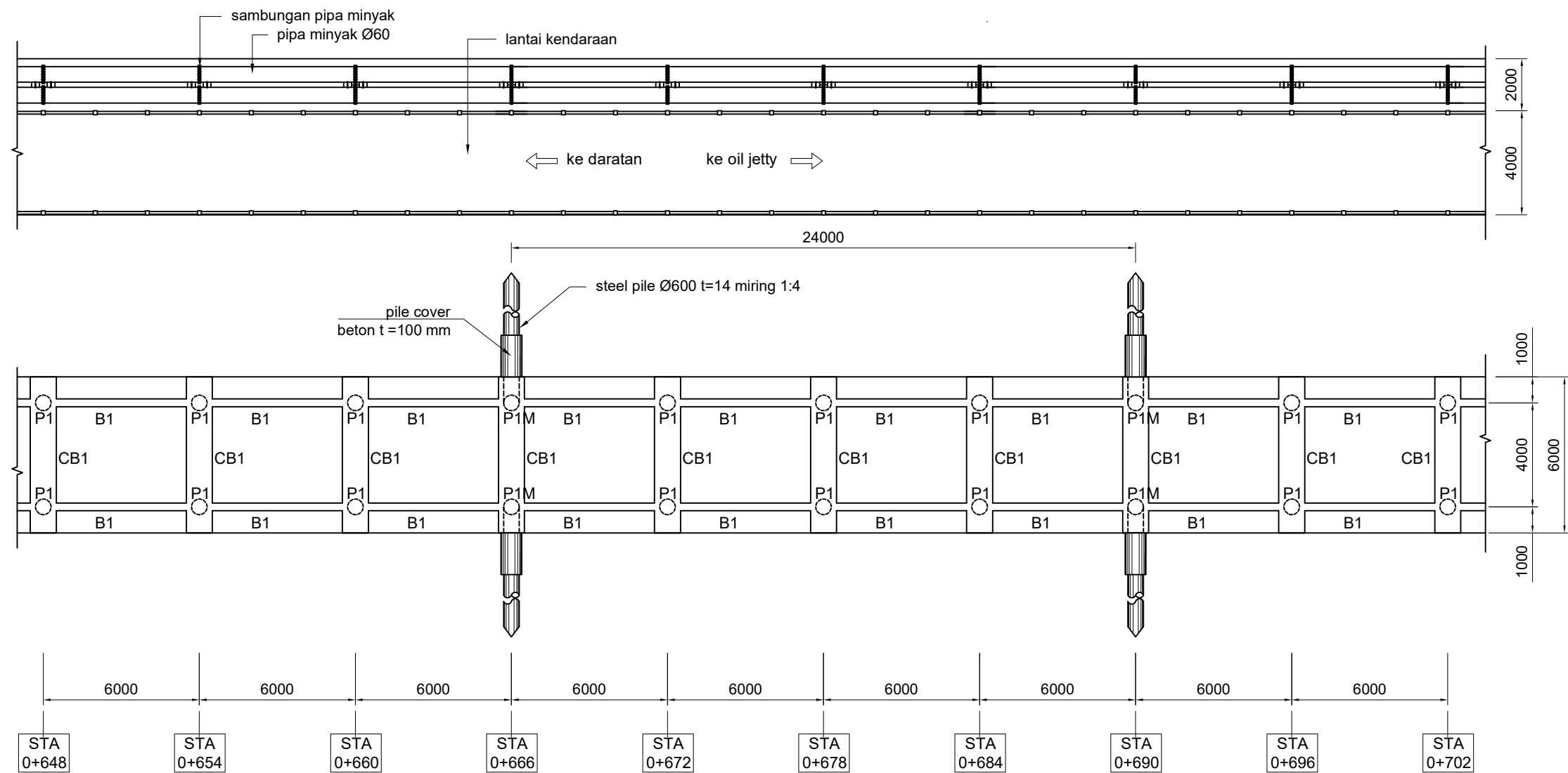
Jumlah gambar

29

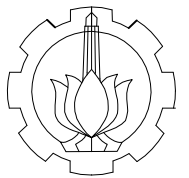
59



Bathymetri dengan layout Dermaga Rencana
scale 1 : 4000



tampak atas dan pembalokan Trestle STA 0+648 sd STA 0+702
skala 1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

B1 : balok 30/50
CB1 : Cap Beam 1 x 1 m
P1 : tiang pancang Ø600 t=14
tegak
P1M : tiang pancang Ø600 t=14
miring 1:4

pemasangan tiang pancang miring
disetiap jarak 24 meter

Nama Gambar

tampak atas, denah pembalokan dan
tiang pancang trestle STA 0+594 sd
0+648

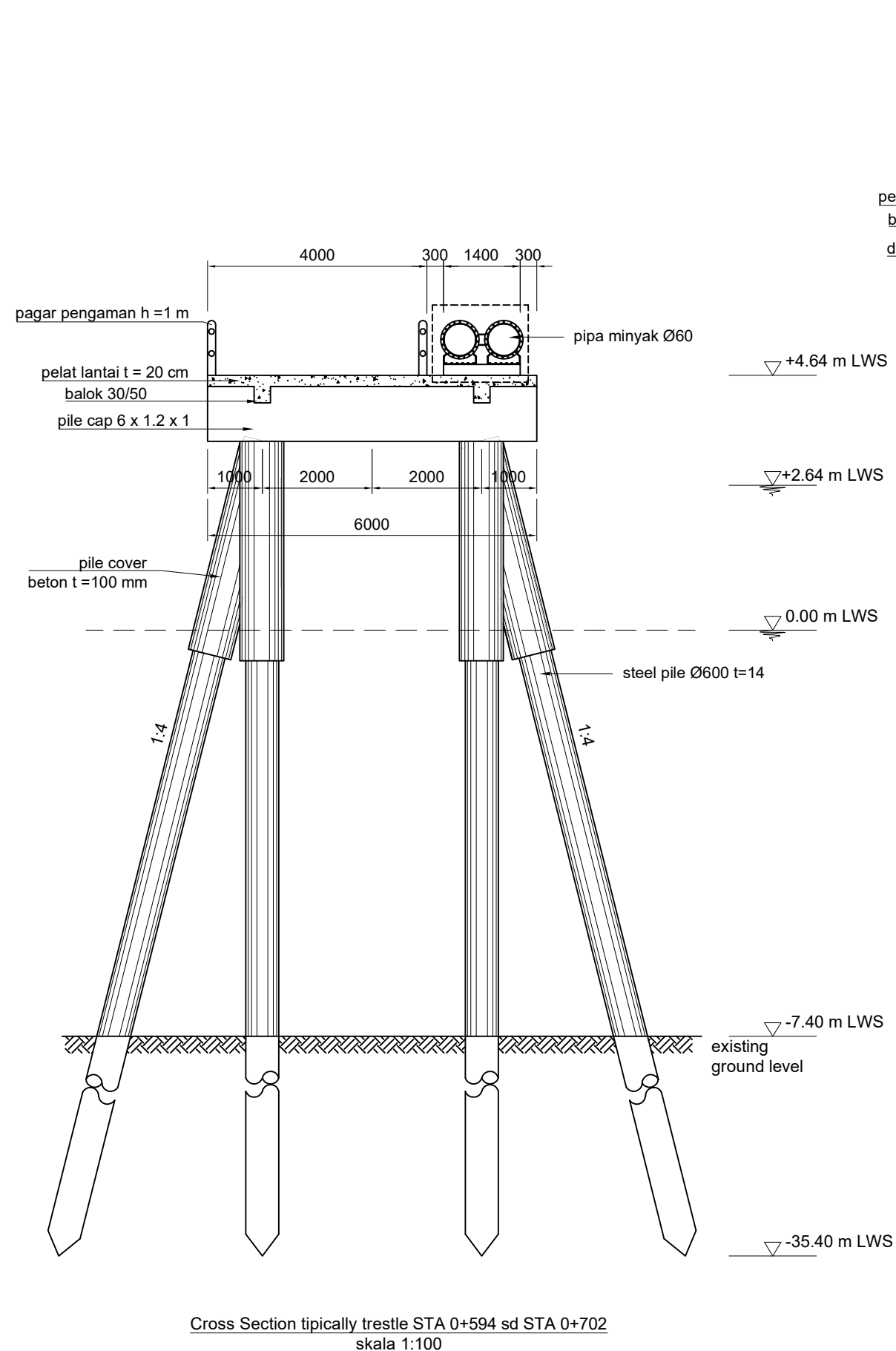
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

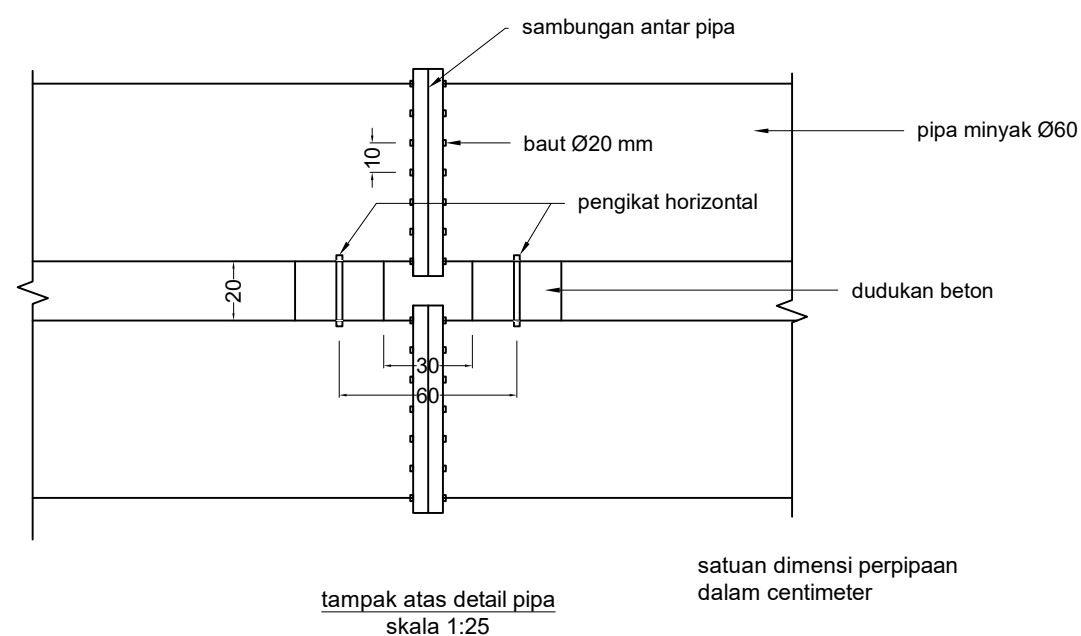
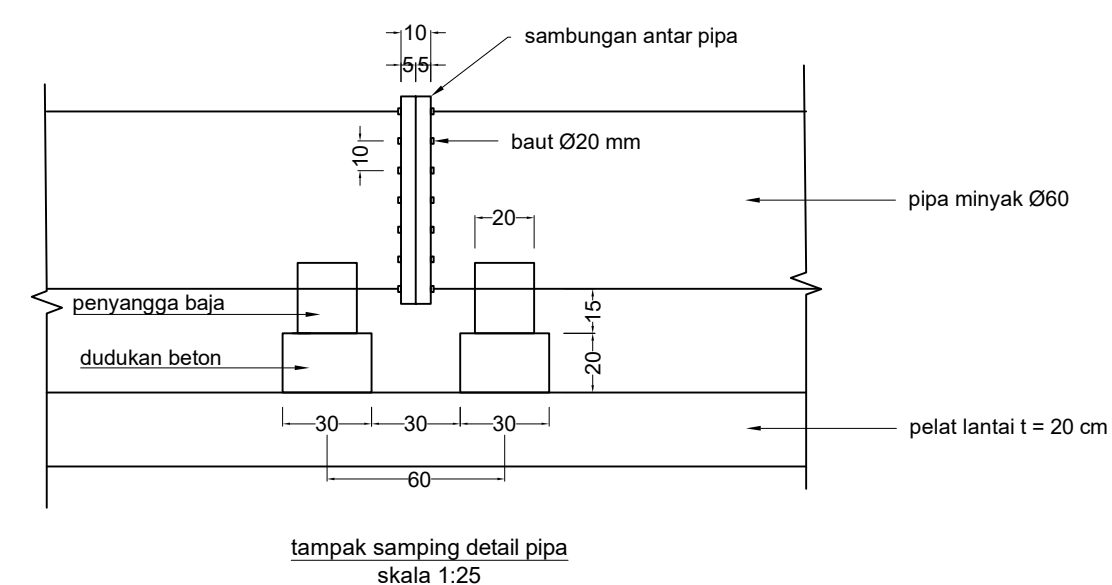
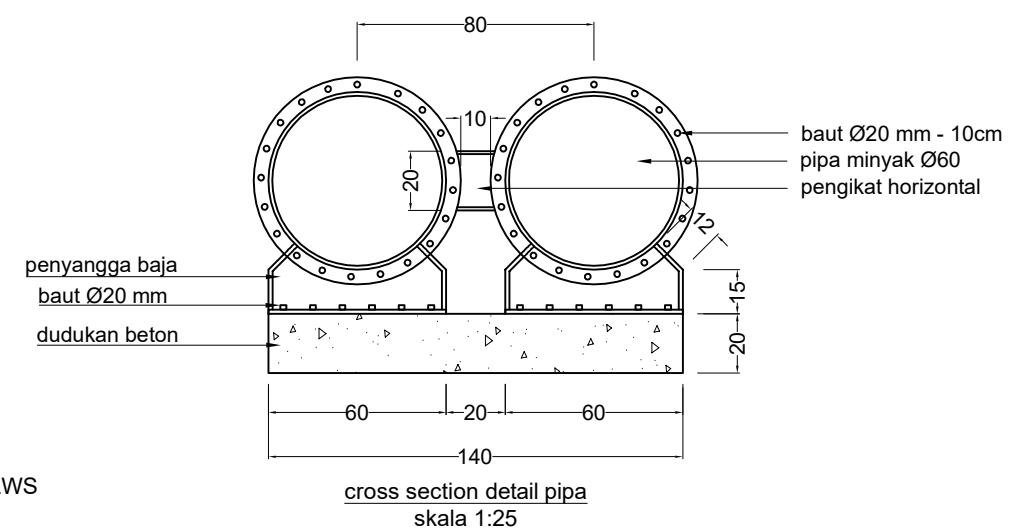
30

Jumlah gambar

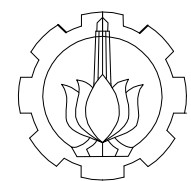
59



Cross Section typically trestle STA 0+594 sd STA 0+702
skala 1:100



satuan dimensi perpipaan
dalam centimeter



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

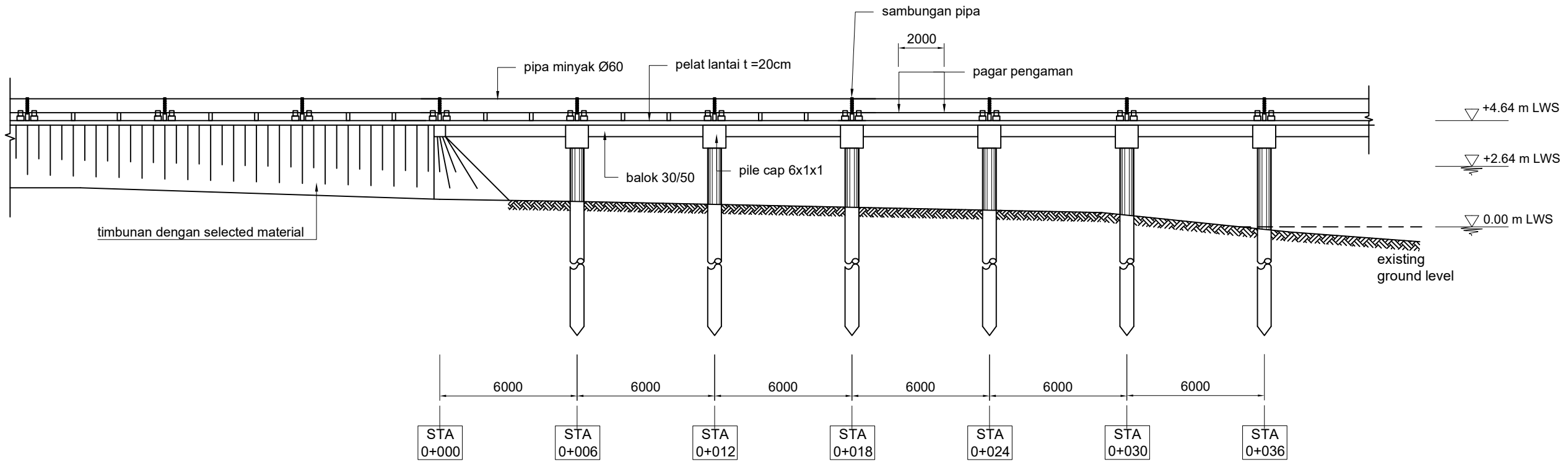
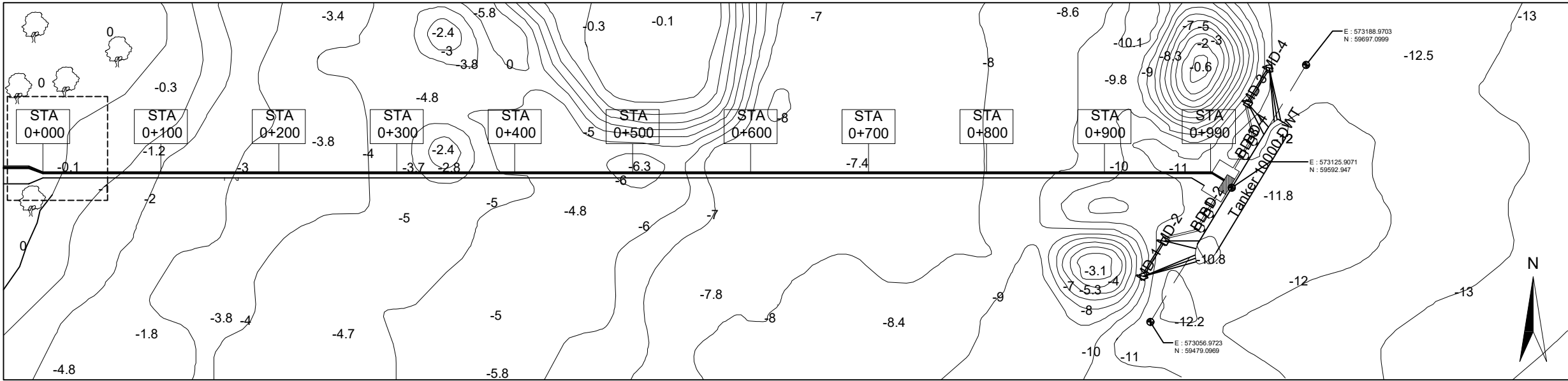
cross section trestle dan detail pipa

skala untuk plotting ukuran kertas A3

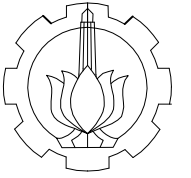
Nomor halaman Jumlah gambar

31

59



Tampak Samping Trestle STA 0+000 sd STA 0+036
skala 1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Tampak Samping Trestle daratan
STA 0+000 sd 0+036

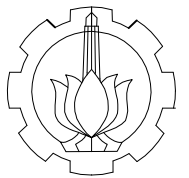
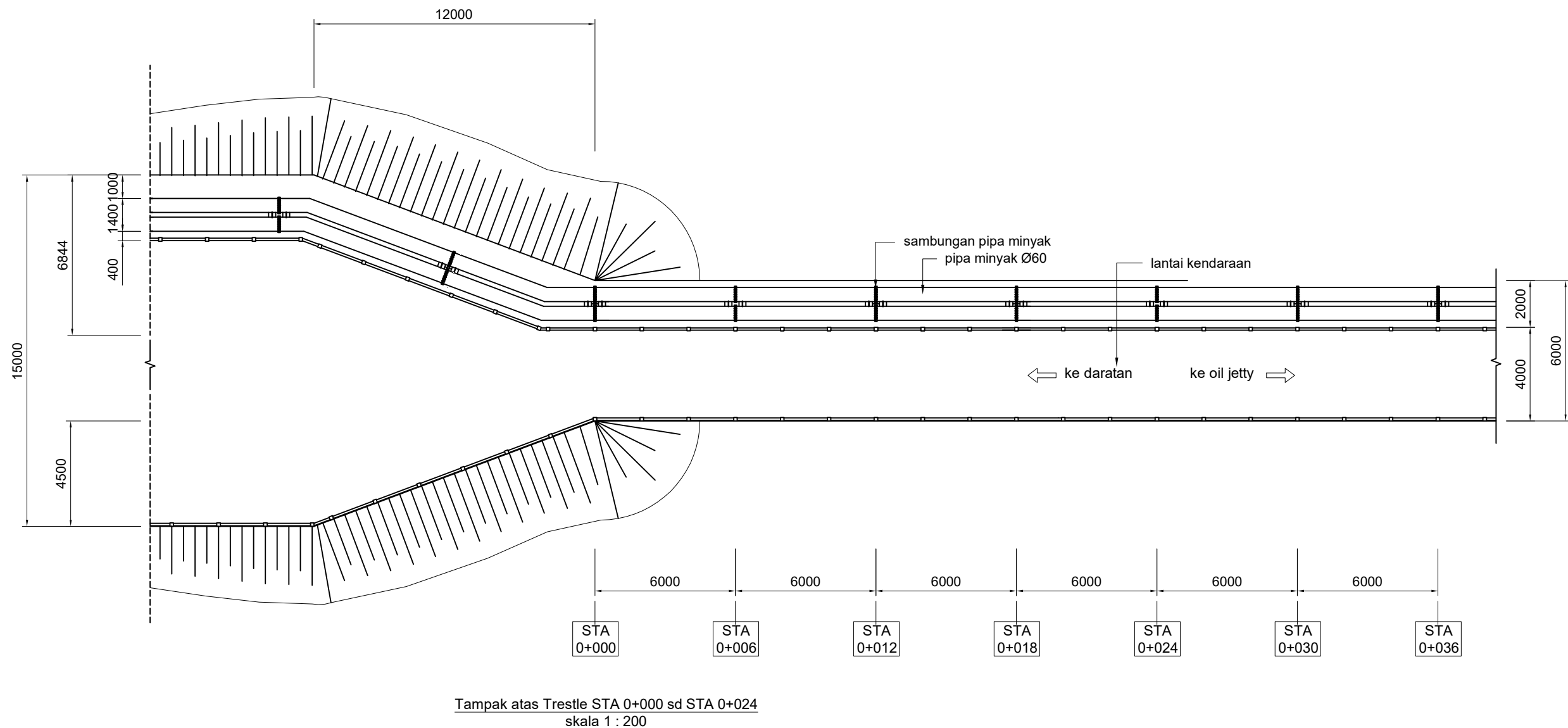
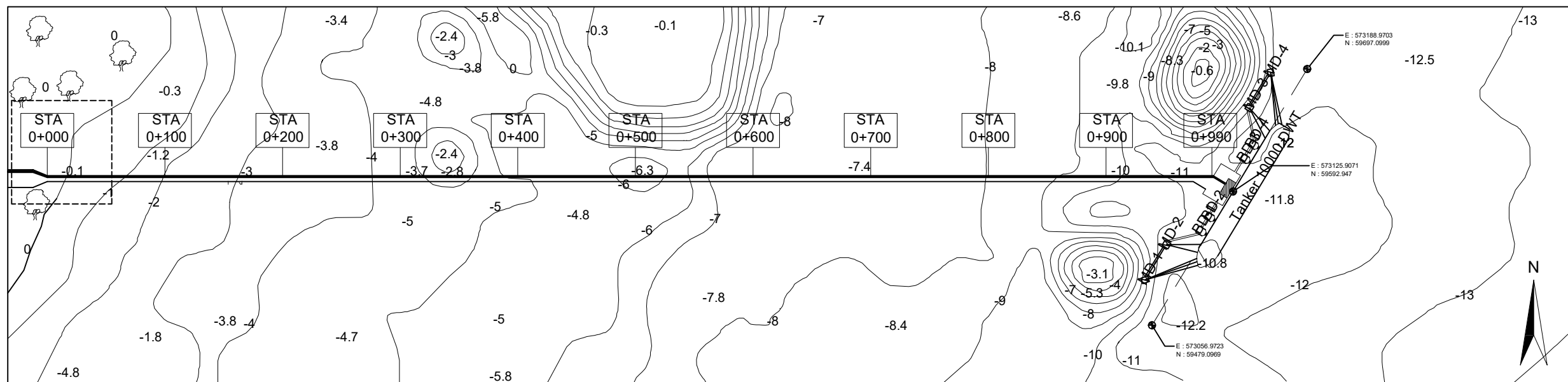
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

Jumlah gambar

32

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Tampak atas Trestle daratan STA
0+000 sd 0+036

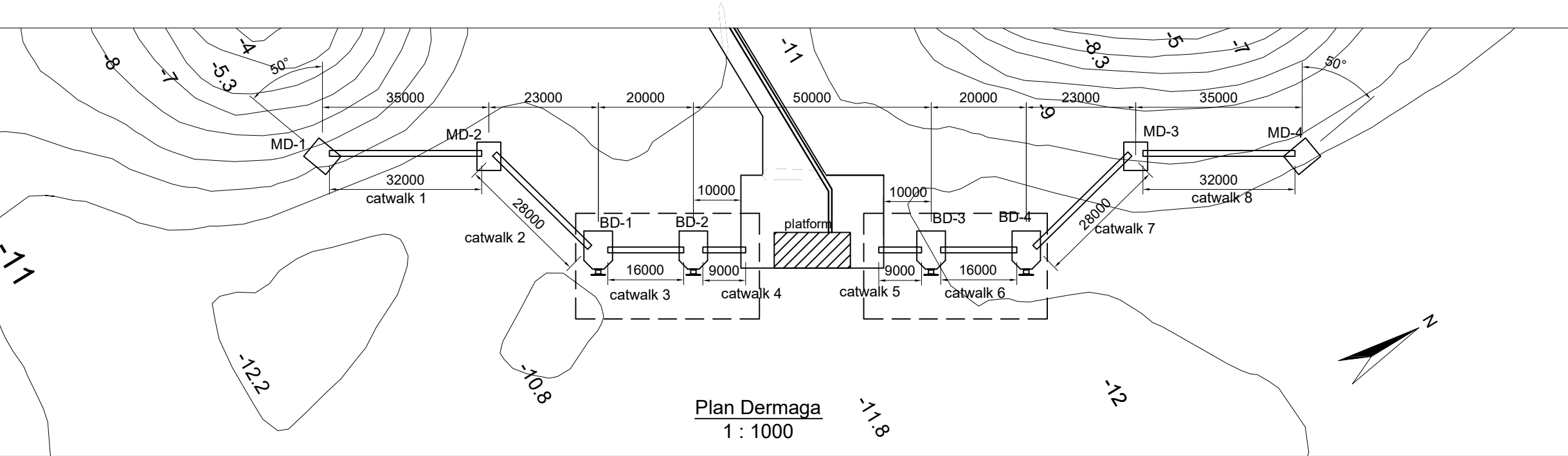
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

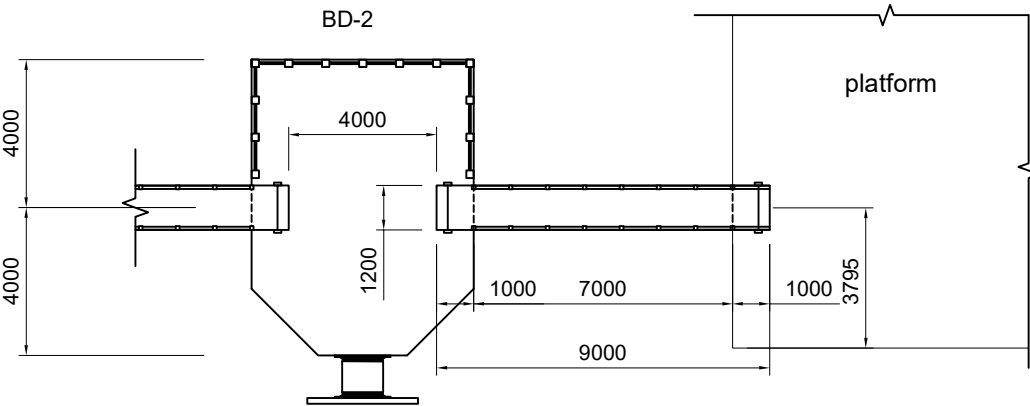
33

Jumlah gambar

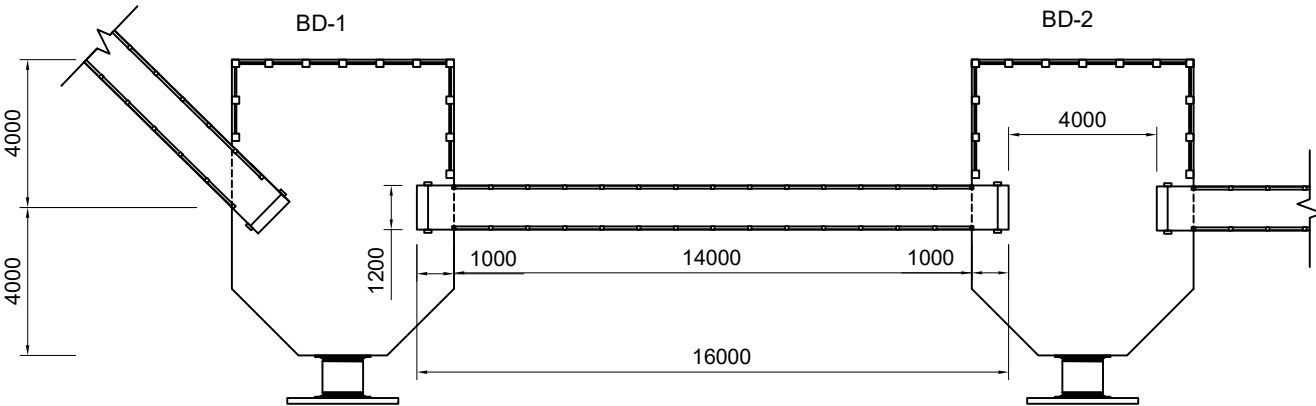
59



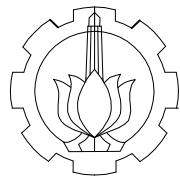
Plan Dermaga
1 : 1000



detail catwalk tipe 4 dan 5
1 : 200



detail catwalk tipe 3 dan 6
1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

tampak atas dan layout catwalk

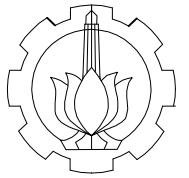
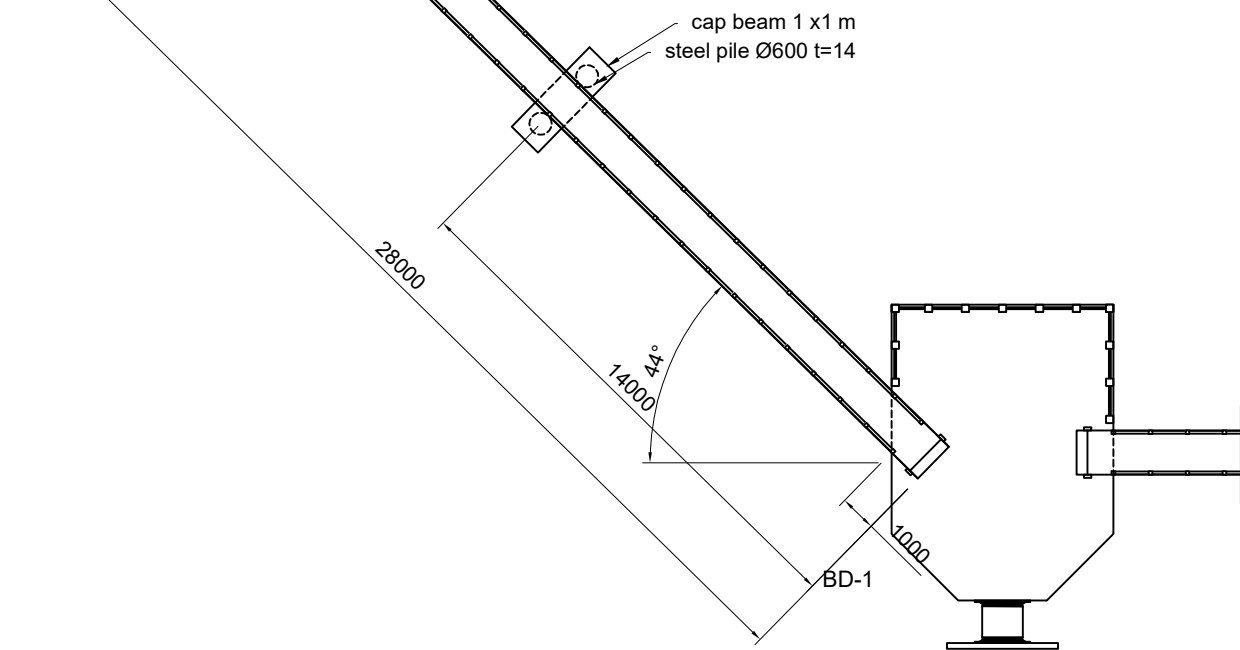
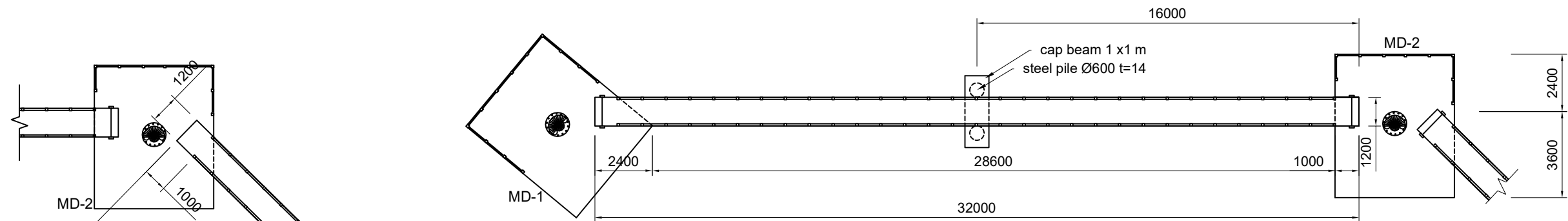
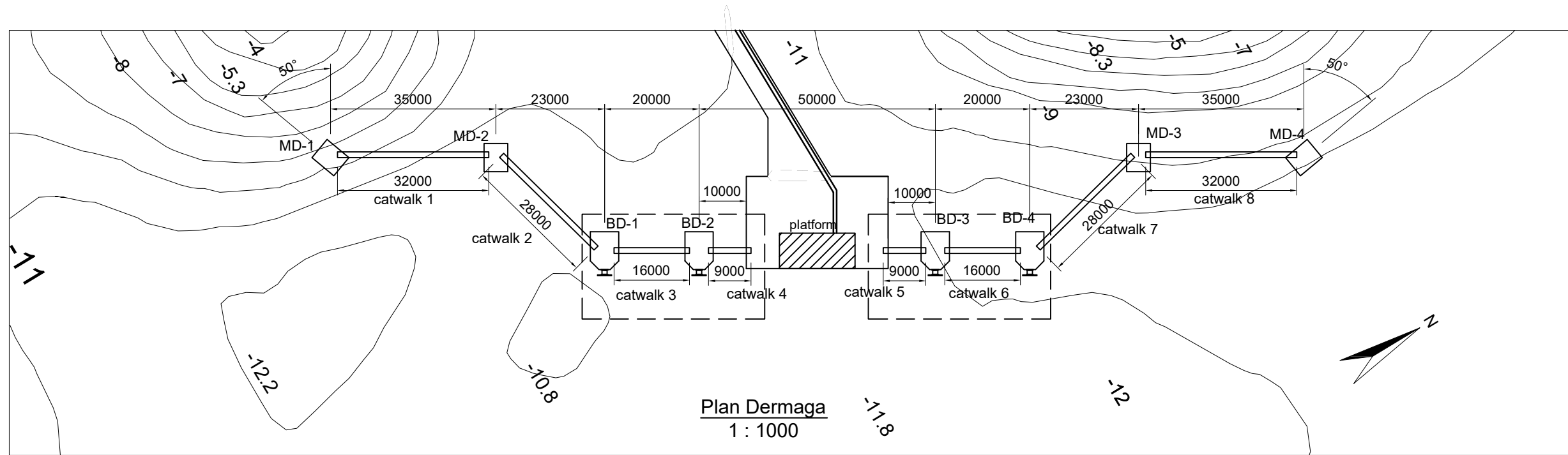
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

Jumlah gambar

34

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

tampak atas dan layout catwalk

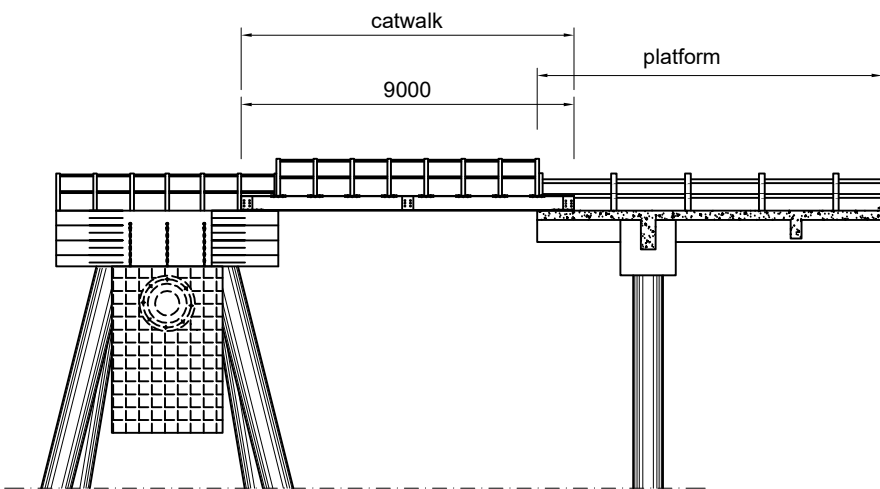
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

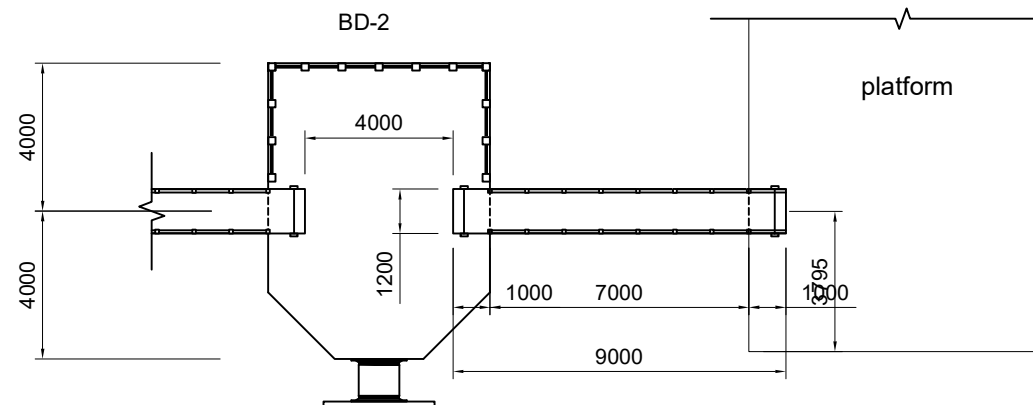
35

Jumlah gambar

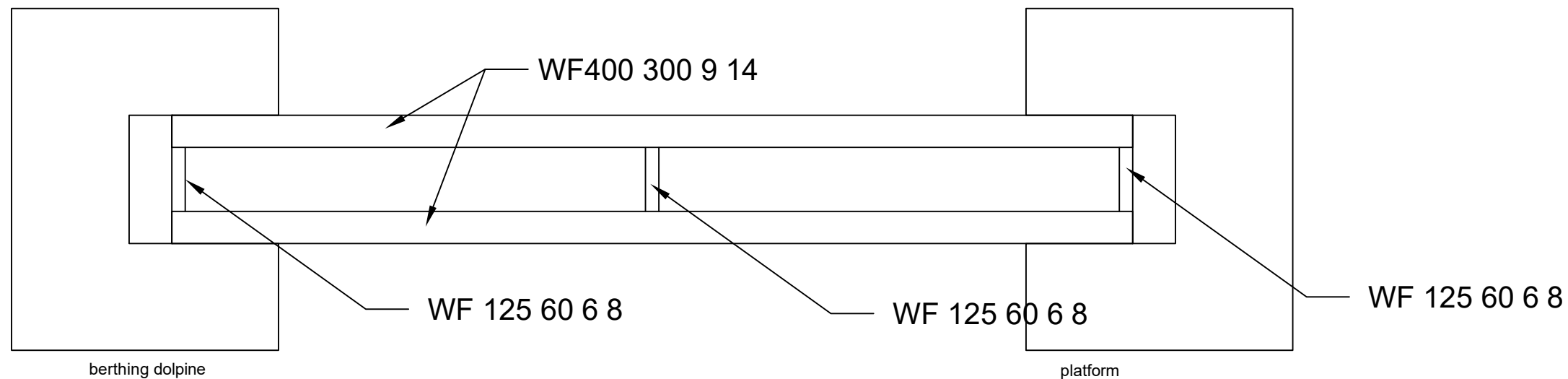
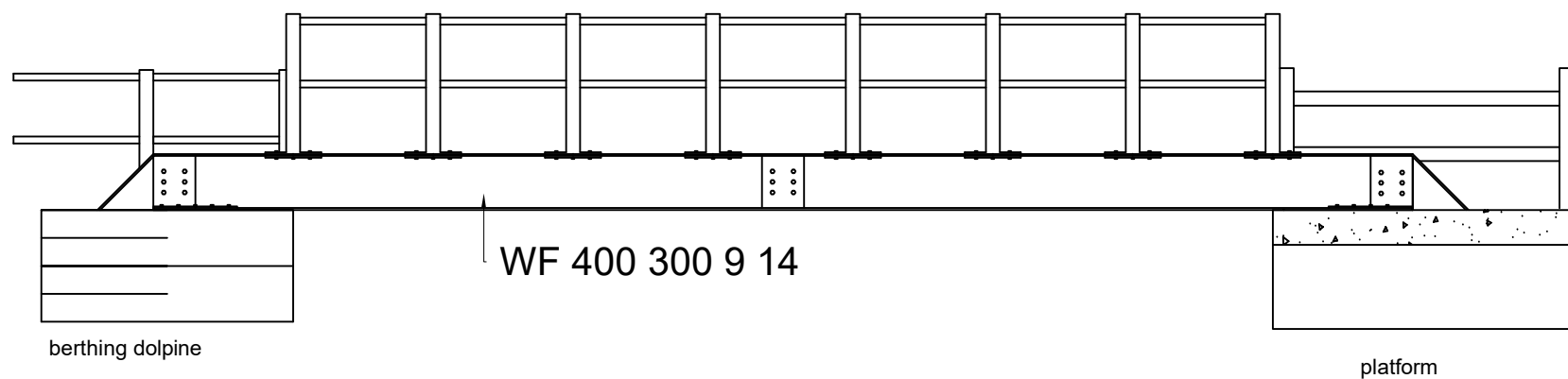
59



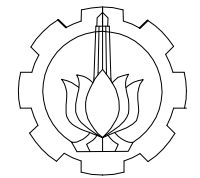
Tampak Samping catwalk tipe 4 dan 5
1 : 200



layout catwalk tipe 4 dan 5
1 : 200



pembalokan catwalk tipe 4 dan 5
1 : 50



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

semua satuan dalam meter

Nama Gambar

tampak atas dan layout catwalk

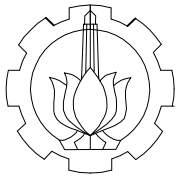
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

36

Jumlah gambar

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

denah dan potongan memanjang
penulangan pelat trestle

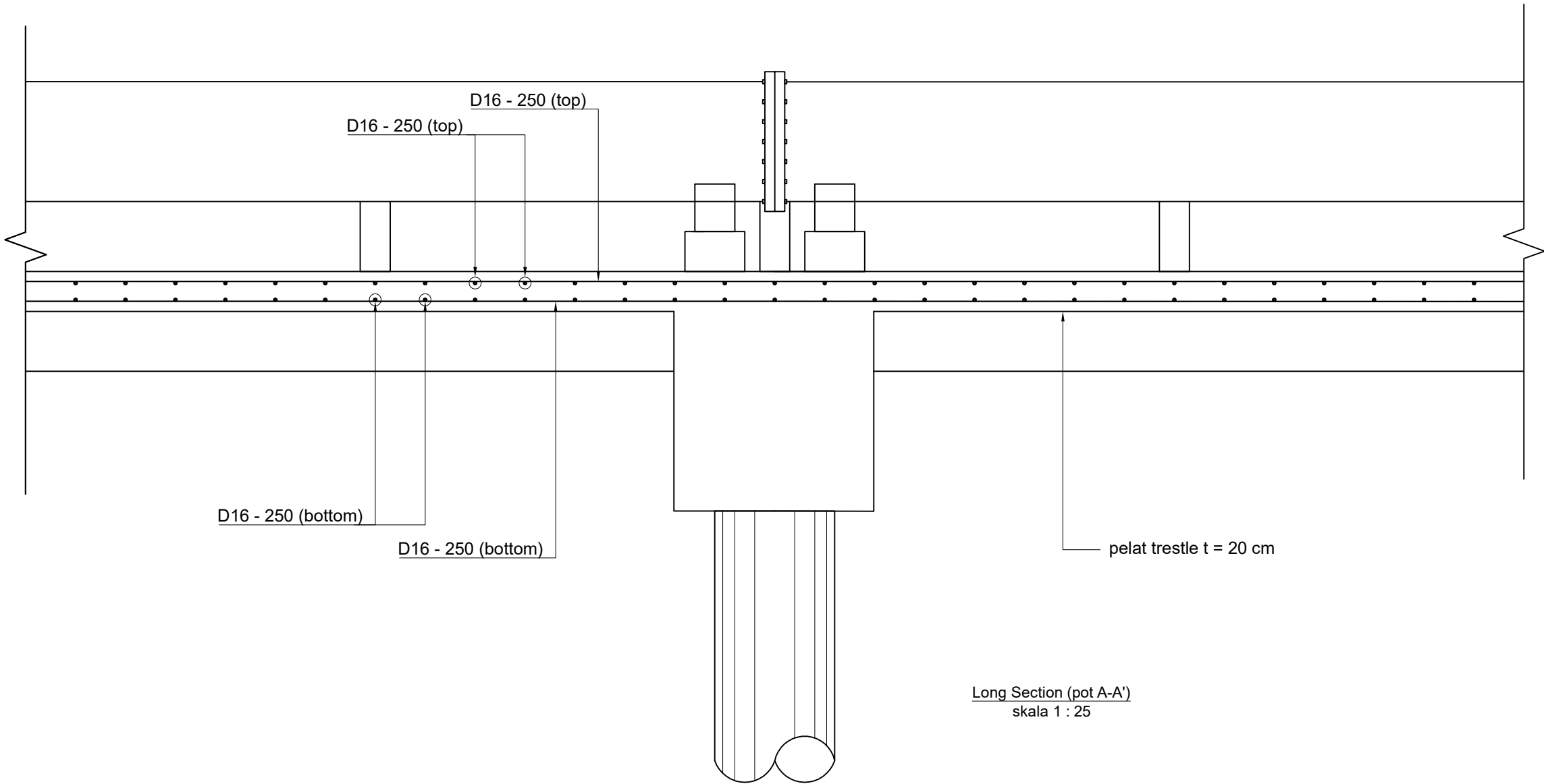
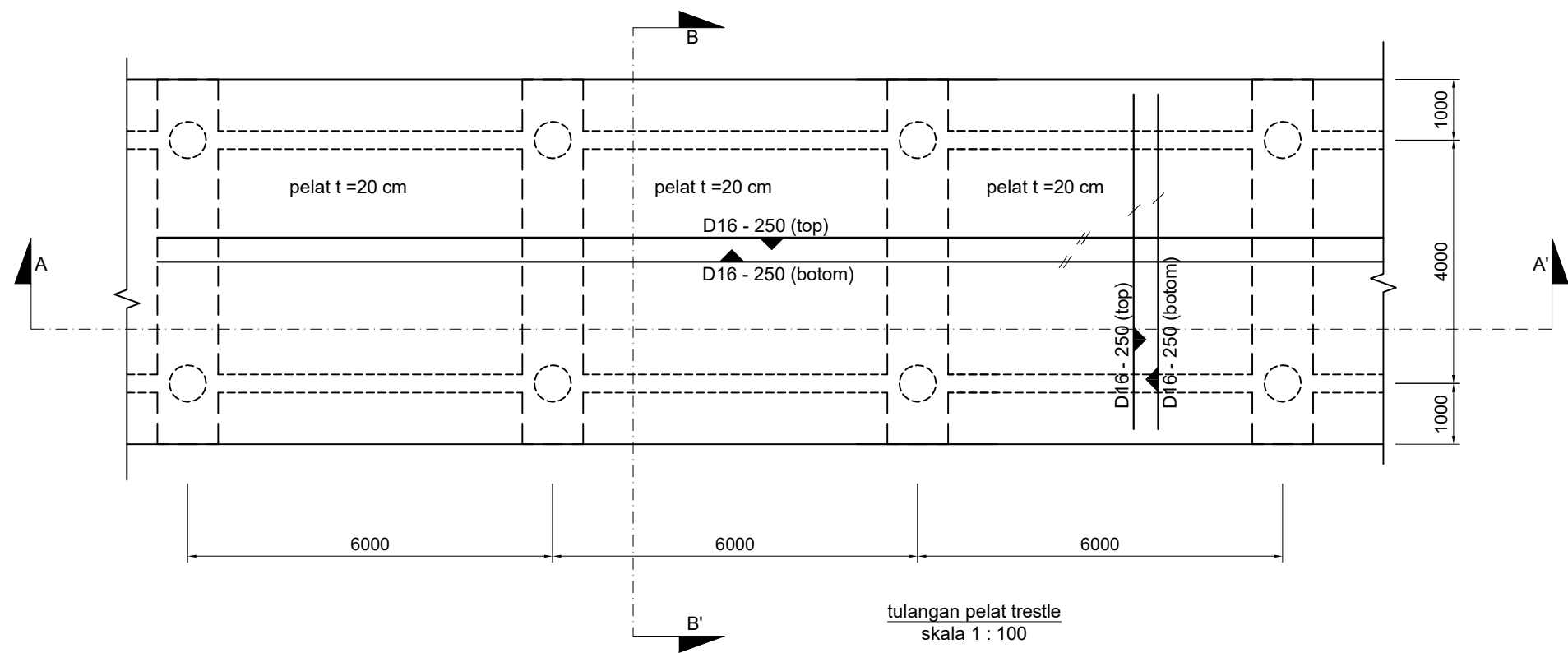
skala untuk plotting ukuran kertas A3

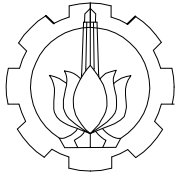
Nomor halaman

Jumlah gambar

37

59





Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

potongan melintang serta detail
tulangan tiang sandar trestle

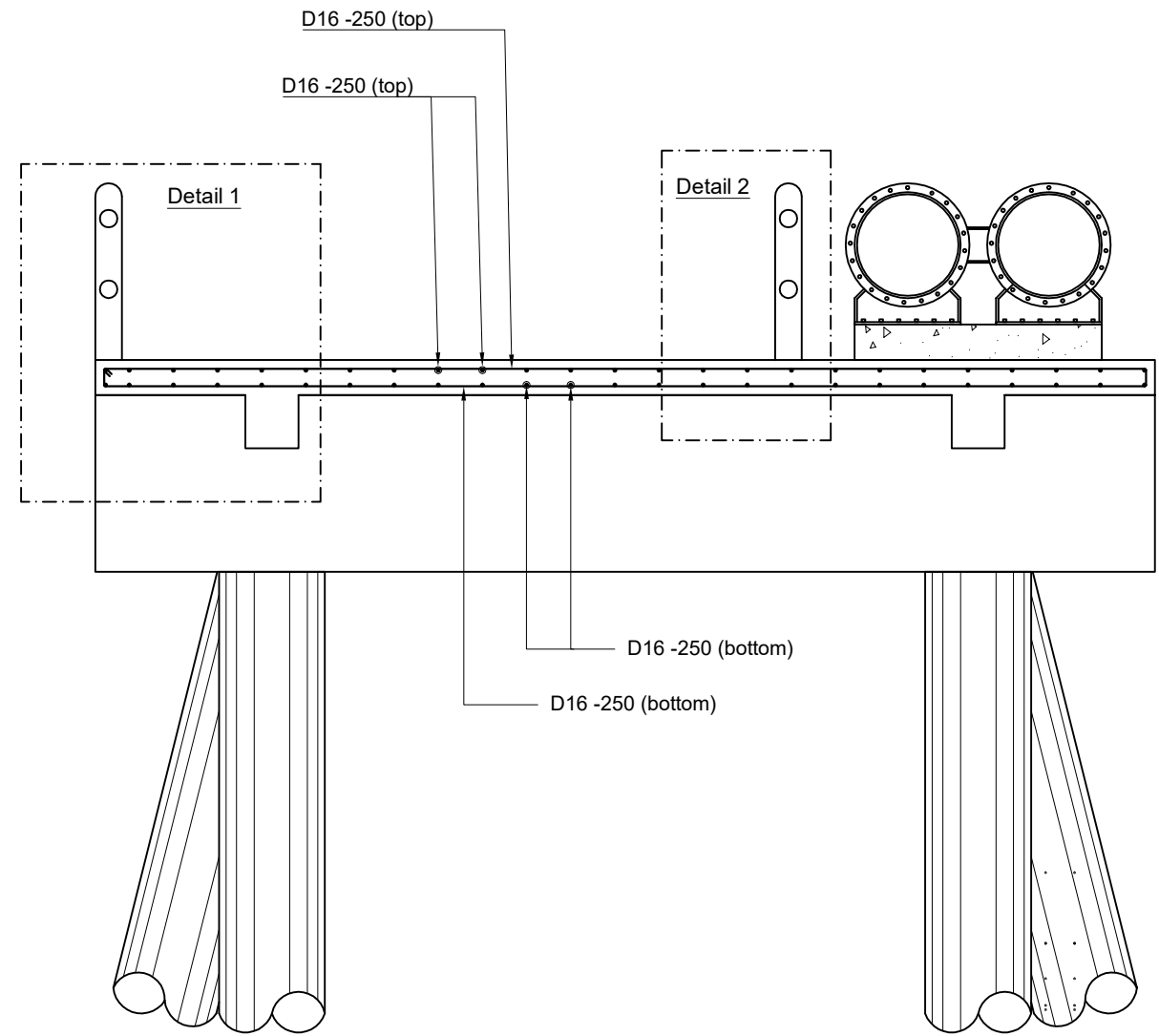
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

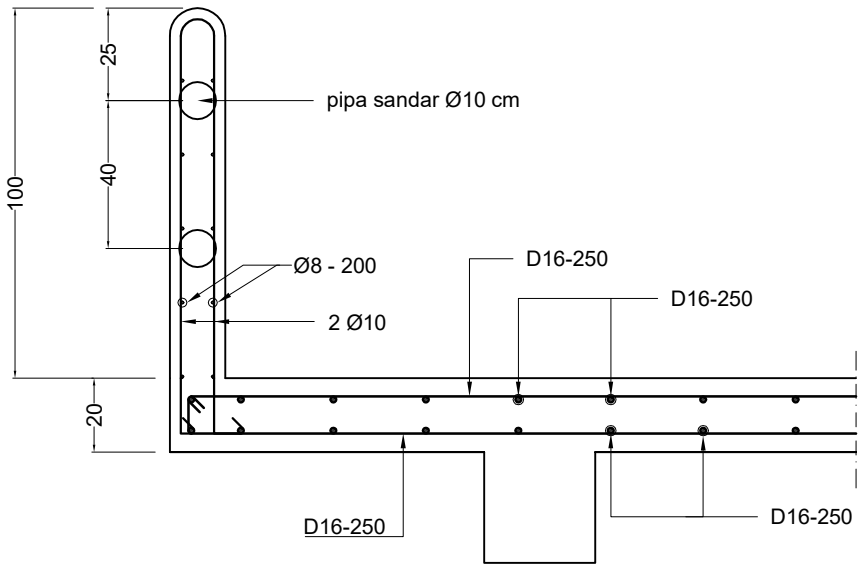
Jumlah gambar

38

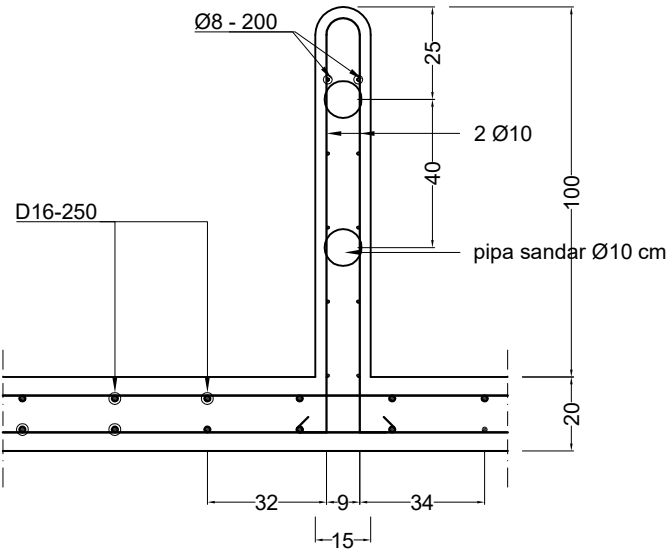
59



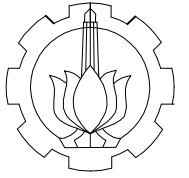
Cross Section (pot B-B')
skala 1 : 40



Detail 1
skala 1 : 20



Detail 2
skala 1 : 20



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Denah tulangan balok trestle dan
Cap beam

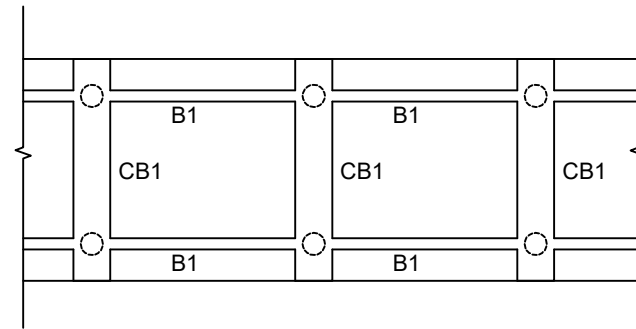
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

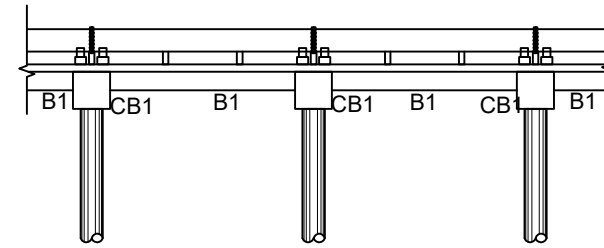
Jumlah gambar

39

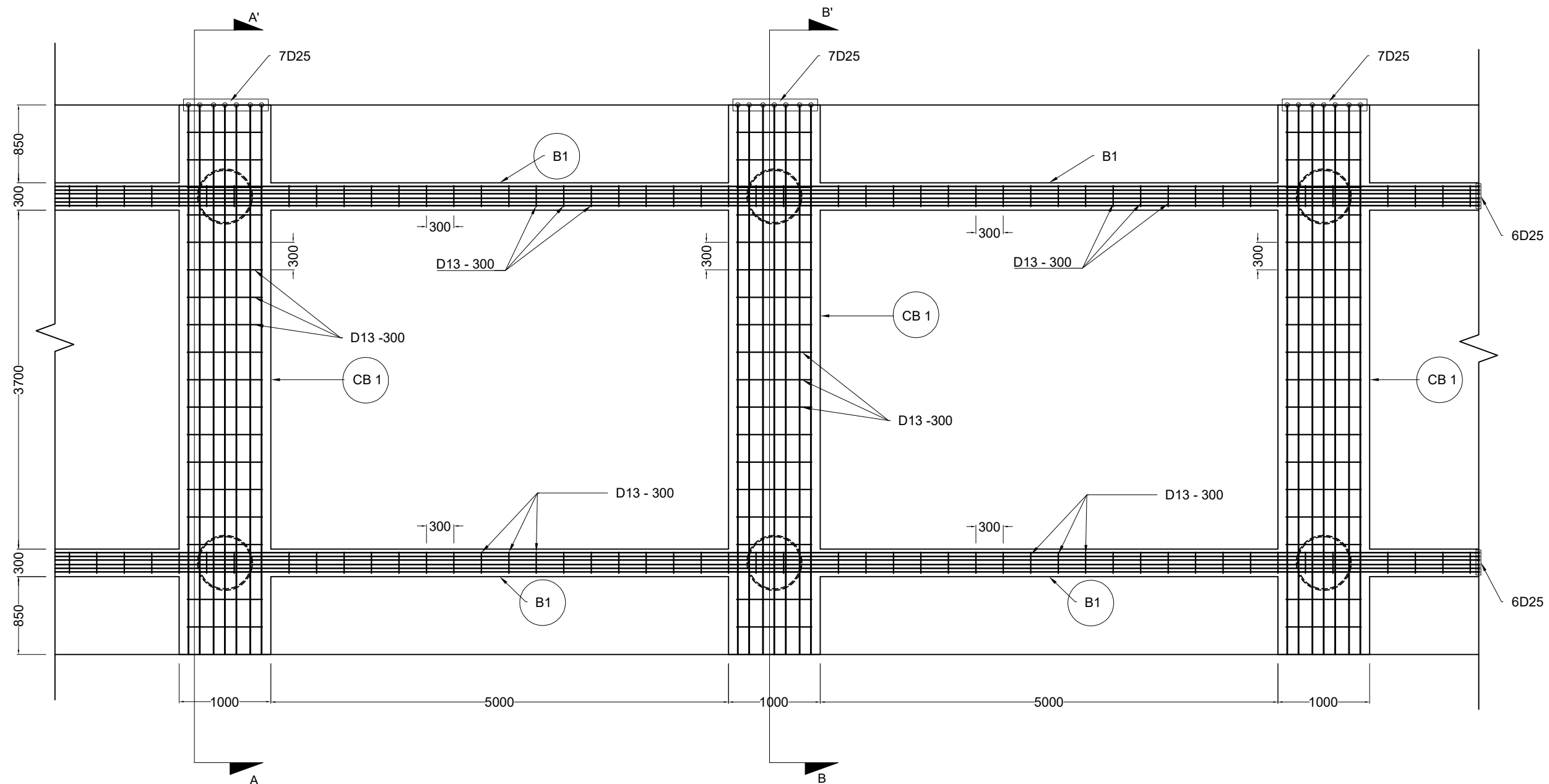
59



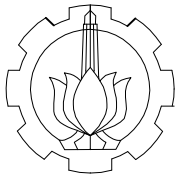
Plan pembalokan trestle
skala 1 : 200



Tampak samping trestle
skala 1 : 200



Tampak atas tulangan balok dan cap beam trestle
skala 1 : 50



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

detail tulangan balok trestle dan Cap
beam

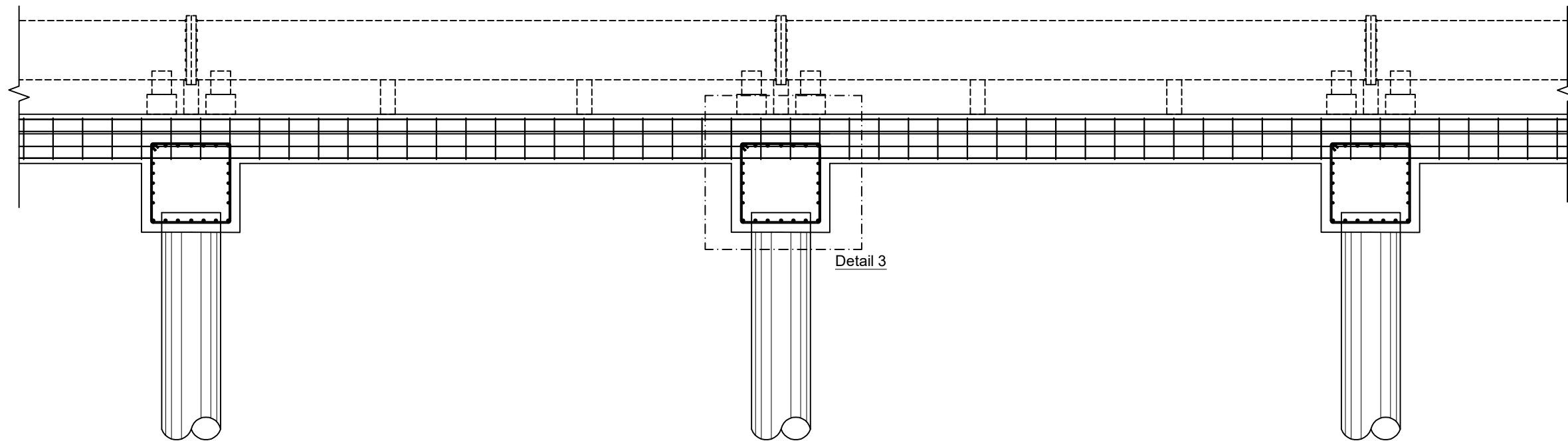
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

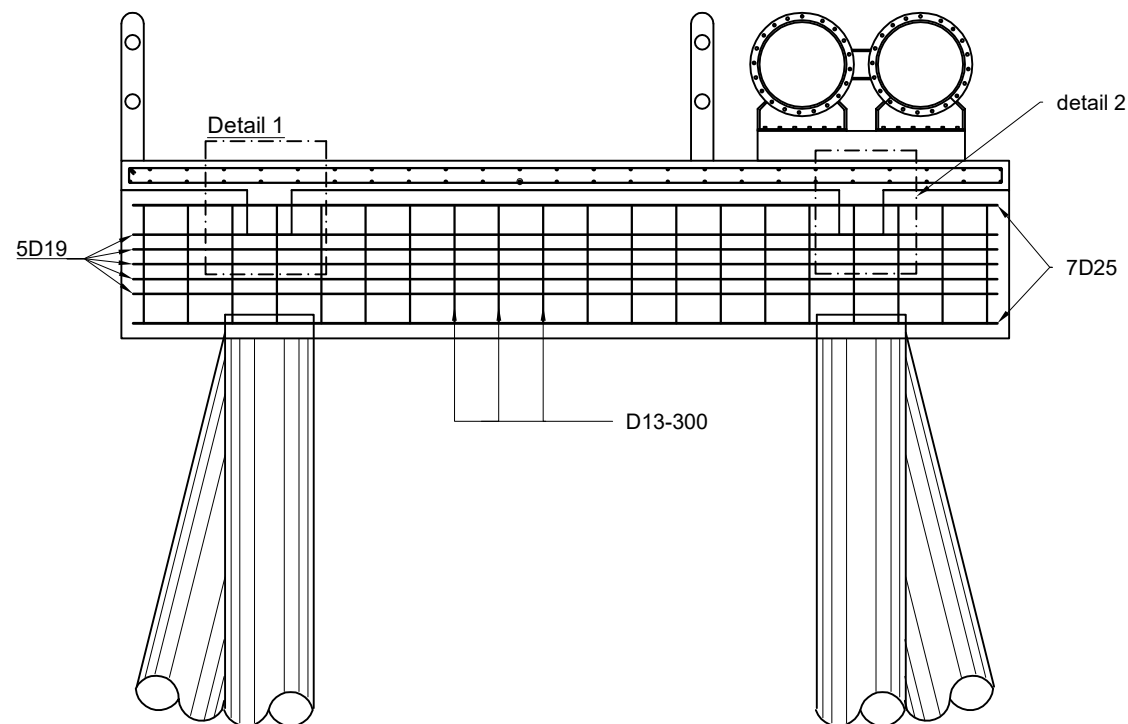
40

Jumlah gambar

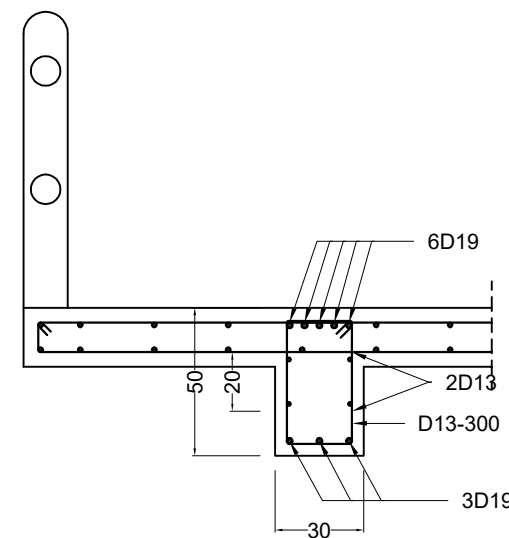
59



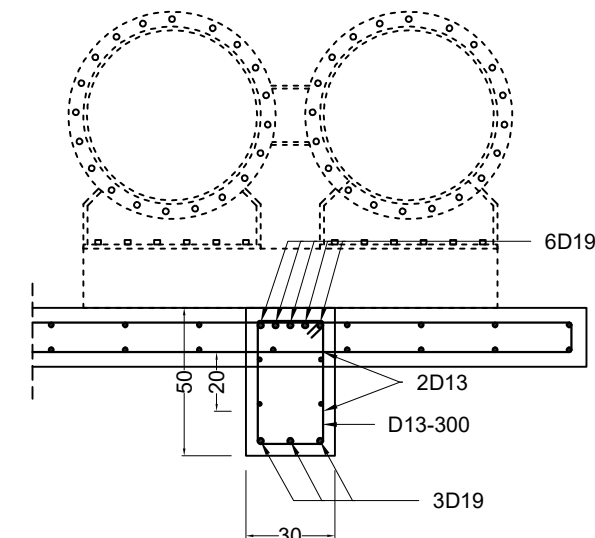
long section tulangan balok dan cap beam trestle
skala 1 : 50



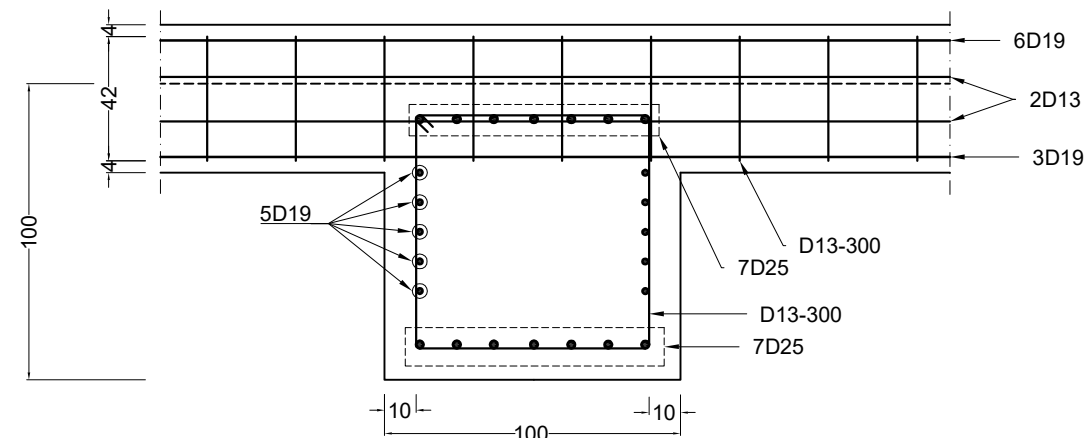
cross section A-A' tulangan balok dan cap beam trestle
skala 1 : 50



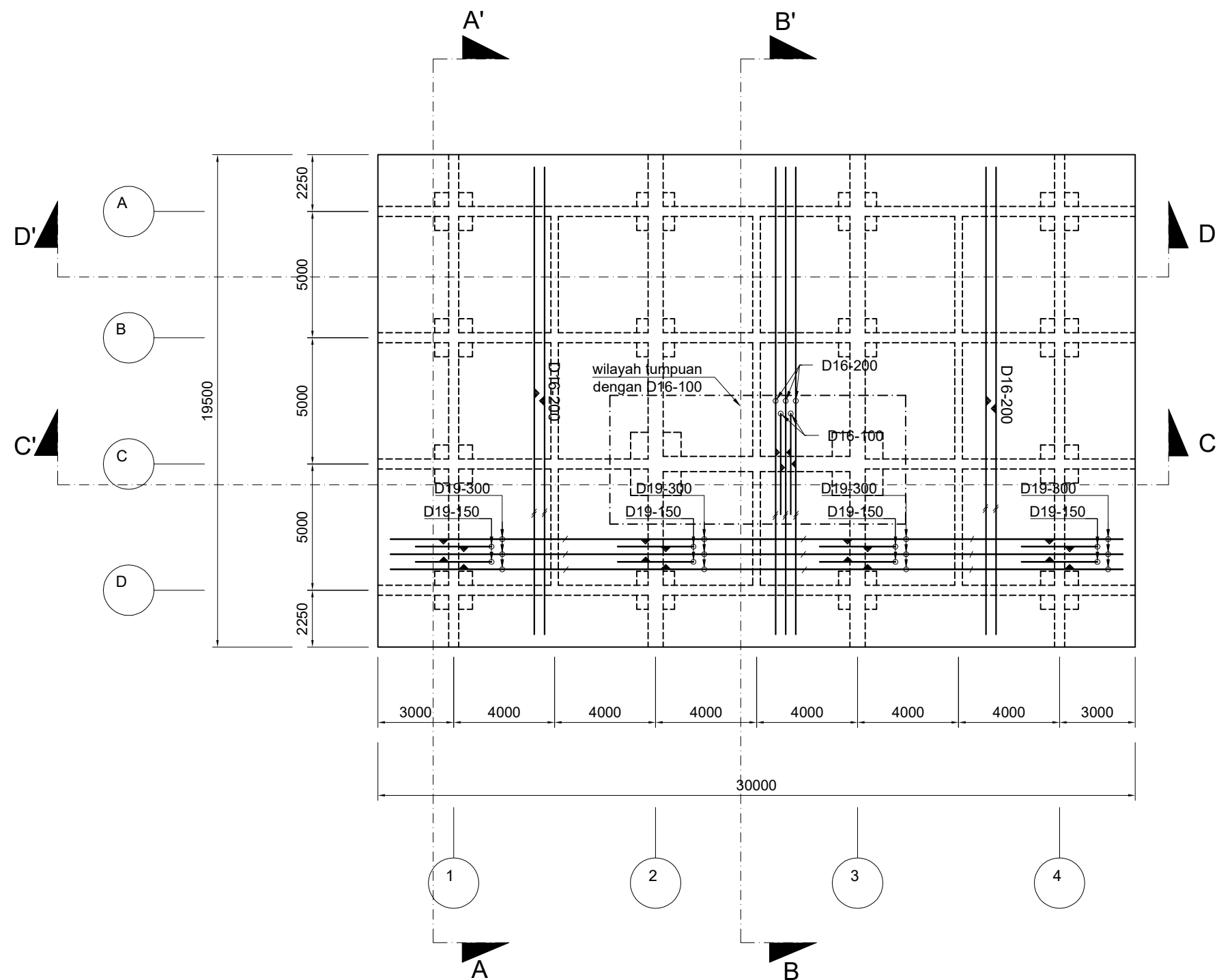
Detail 1
skala 1 : 25



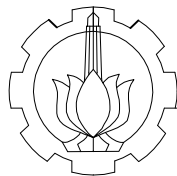
Detail 2
skala 1 : 25



Detail 3
skala 1 : 50



plan penulangan pelat platform
skala 1 : 200



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Denah tulangan pelat platform
dermaga

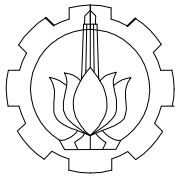
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

Jumlah gambar

41

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Detail tulangan pelat platform
potongan A-A'

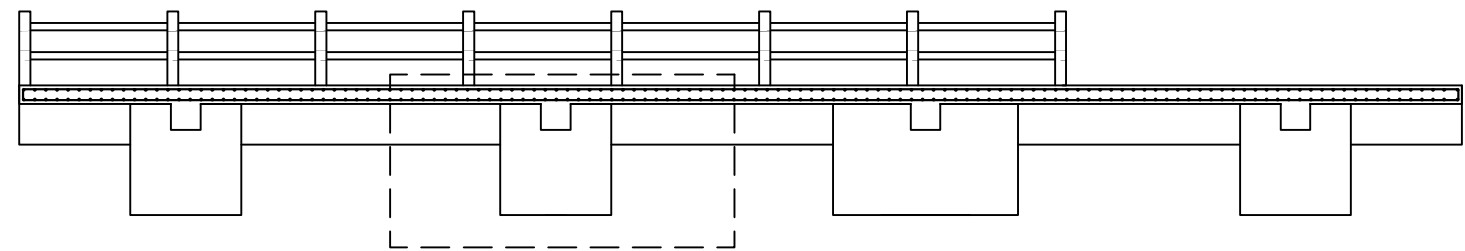
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

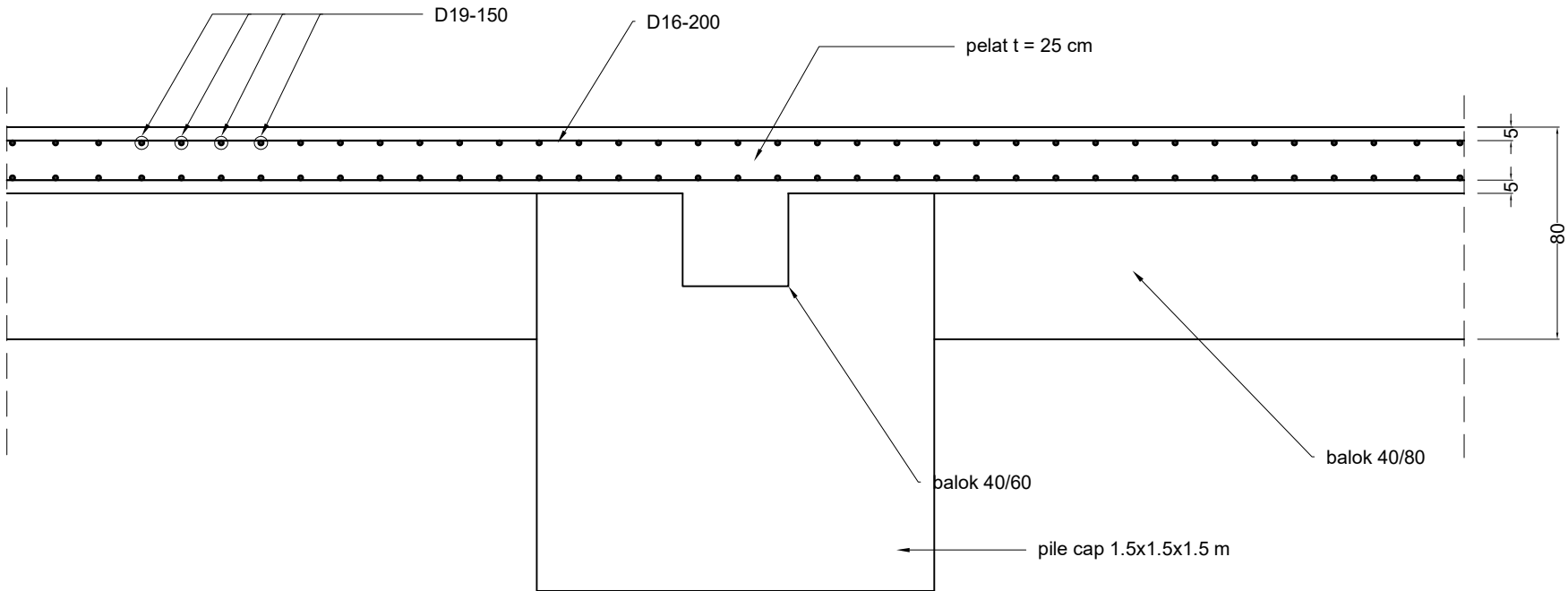
Jumlah gambar

42

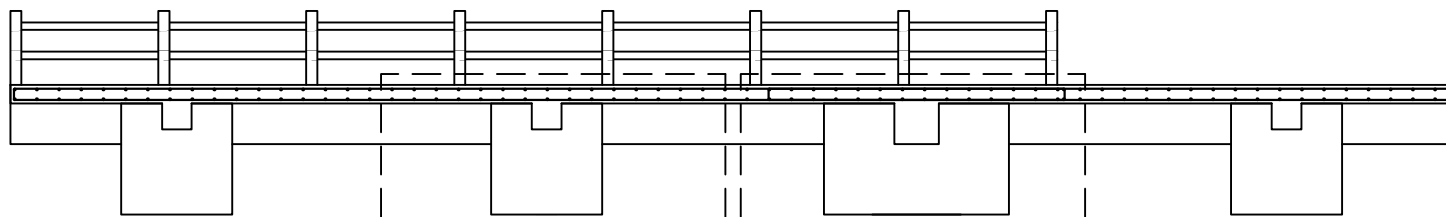
59



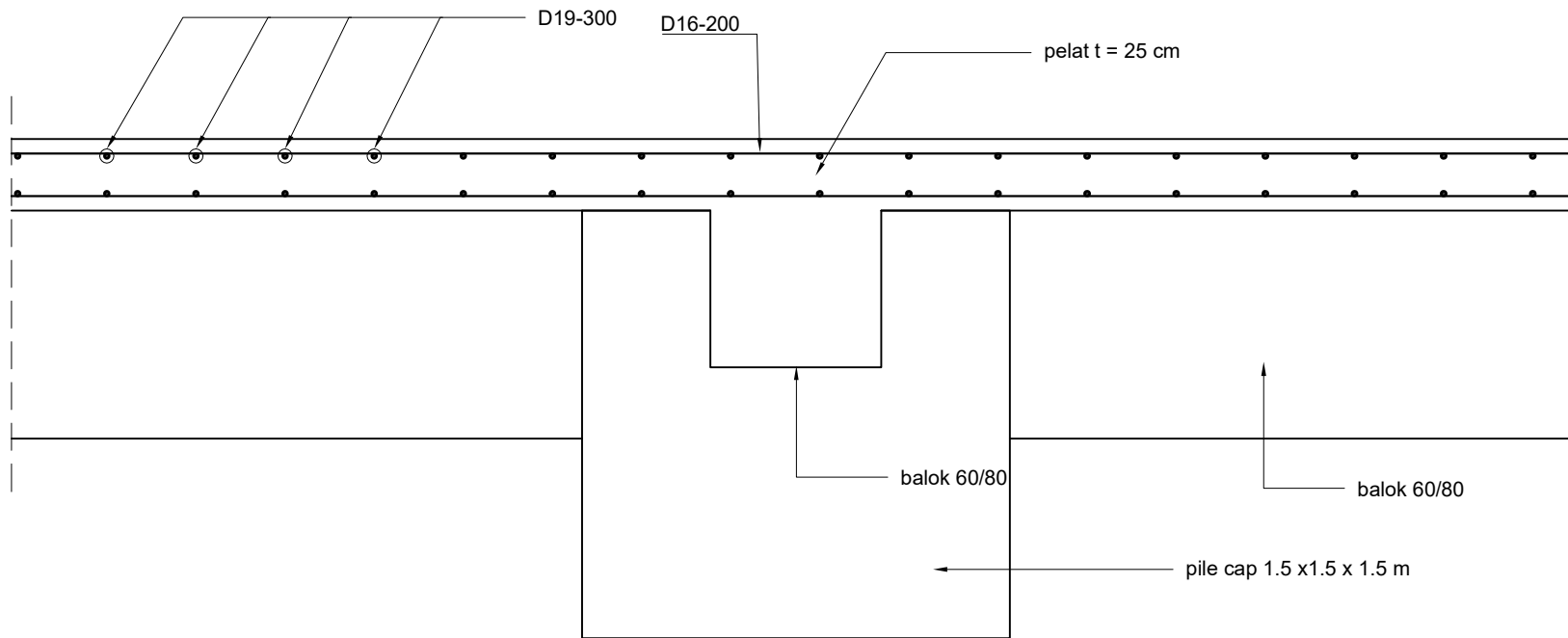
potongan A-A' tulangan pelat platform
skala 1 : 100



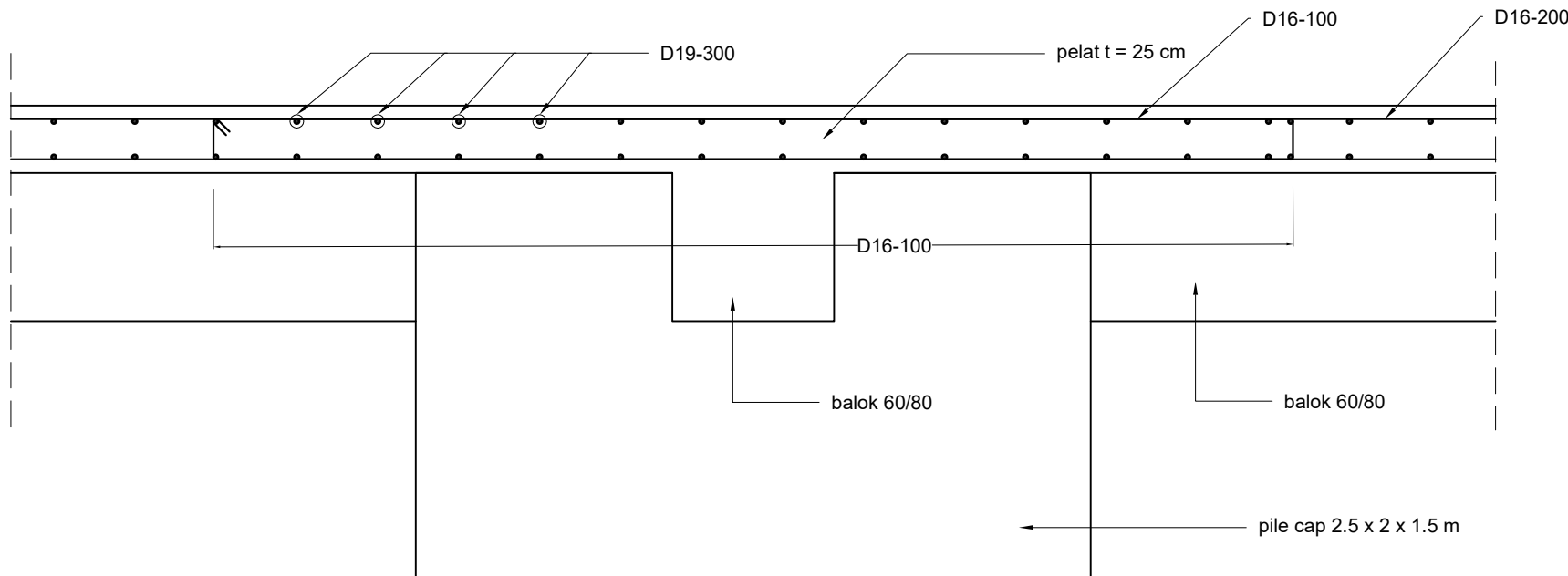
Detail tulangan pelat platform pada potongan A-A'
skala 1 : 25



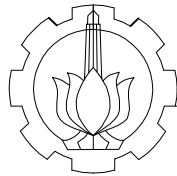
Detail 1
Detail 2
potongan B-B' tulangan pelat platform
skala 1 : 100



Detail 1 tulangan pelat platform pada potongan B-B'
skala 1 : 25



Detail 2 tulangan pelat platform pada potongan B-B'
skala 1 : 25



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Detail tulangan pelat platform
potongan B-B'

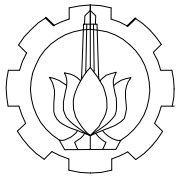
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

43

Jumlah gambar

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Detail tulangan pelat platform
potongan C-C'

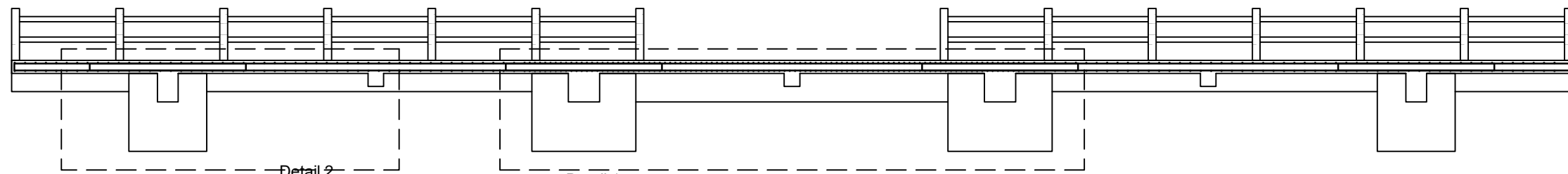
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

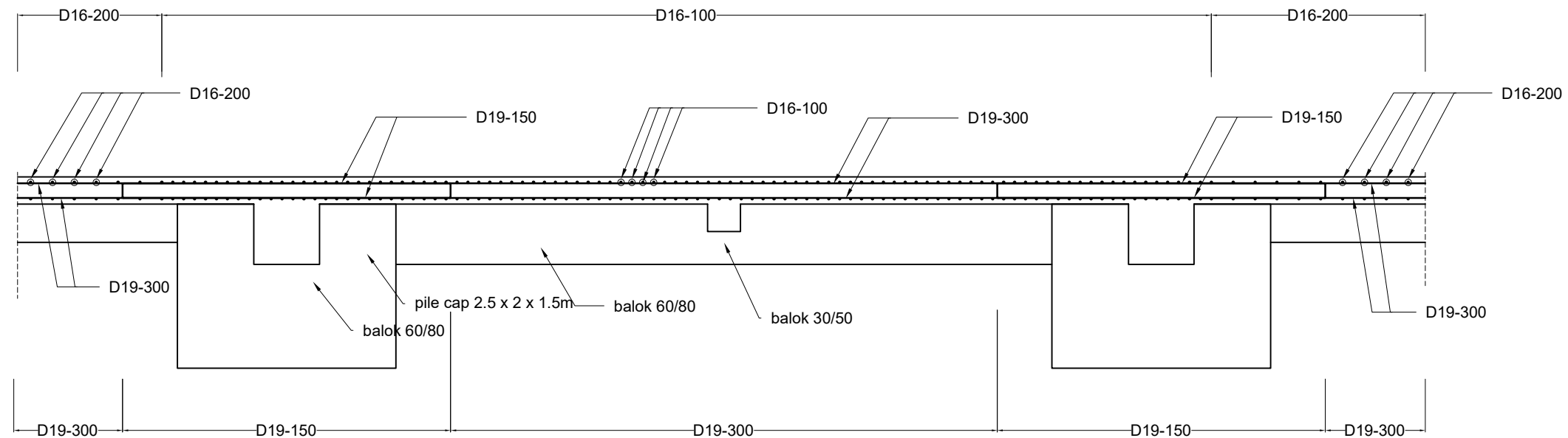
44

Jumlah gambar

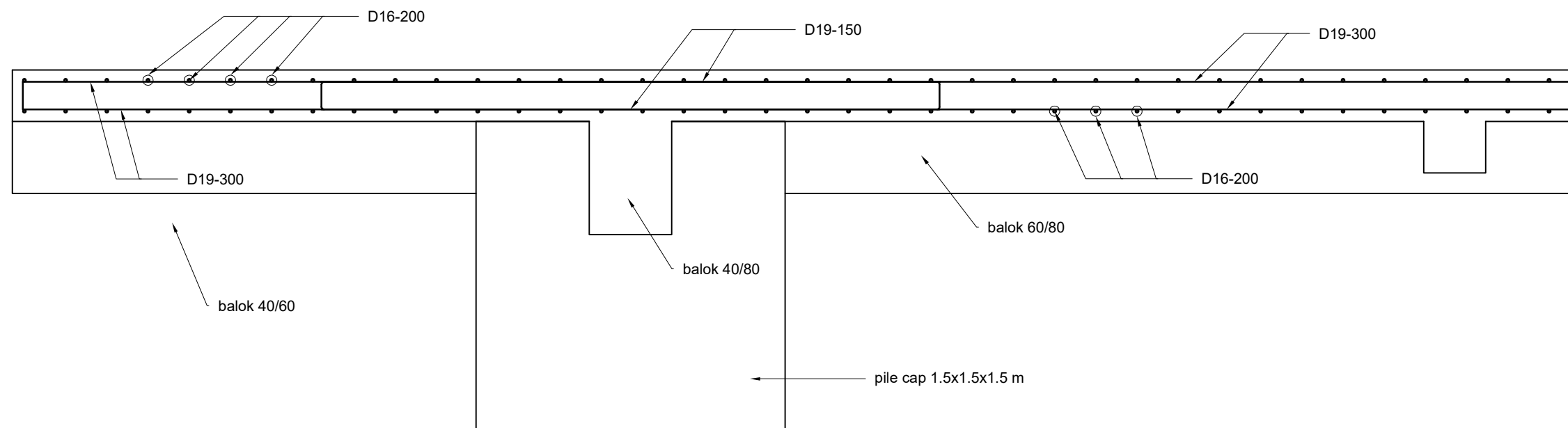
59



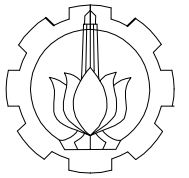
potongan C-C' tulangan pelat platform
skala 1 : 100



Detail 1 tulangan pelat platform pada potongan C-C'
skala 1 : 50



Detail2 tulangan pelat platform pada potongan C-C'
skala 1 : 25



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Detail tulangan pelat platform
potongan D-D'

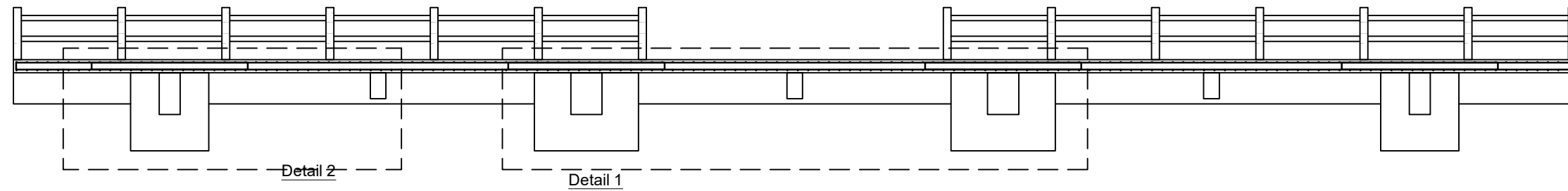
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

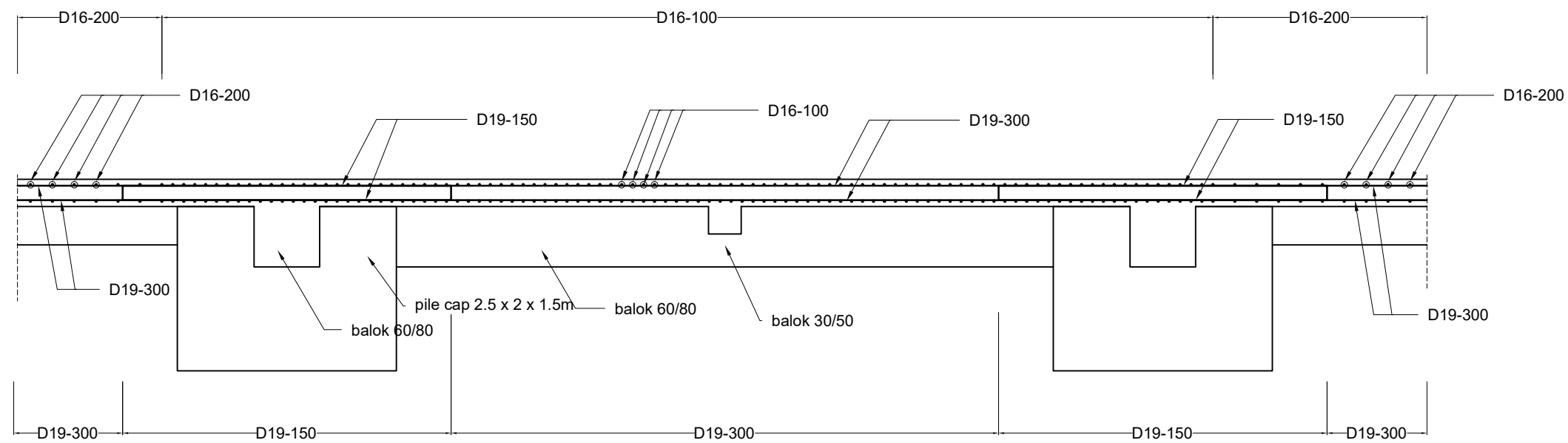
45

Jumlah gambar

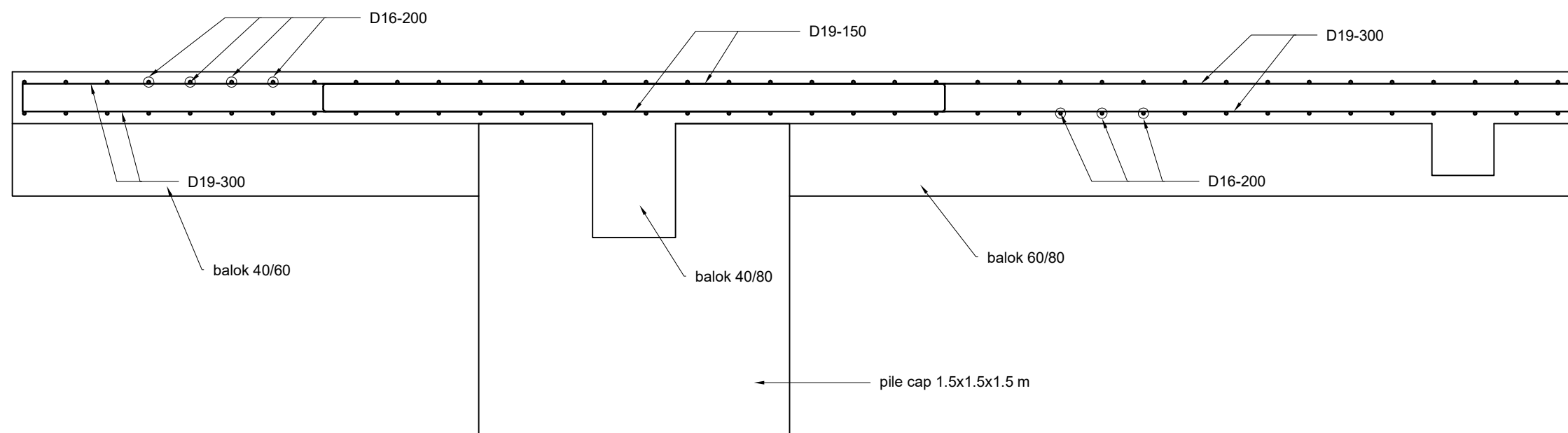
59



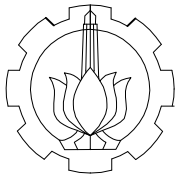
potongan D-D' tulangan pelat platform
skala 1 : 100



Detail 1 tulangan pelat platform pada potongan D-D'
skala 1 : 50



Detail2 tulangan pelat platform pada potongan D-D'
skala 1 : 25



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Denah section penulangan balok
platform

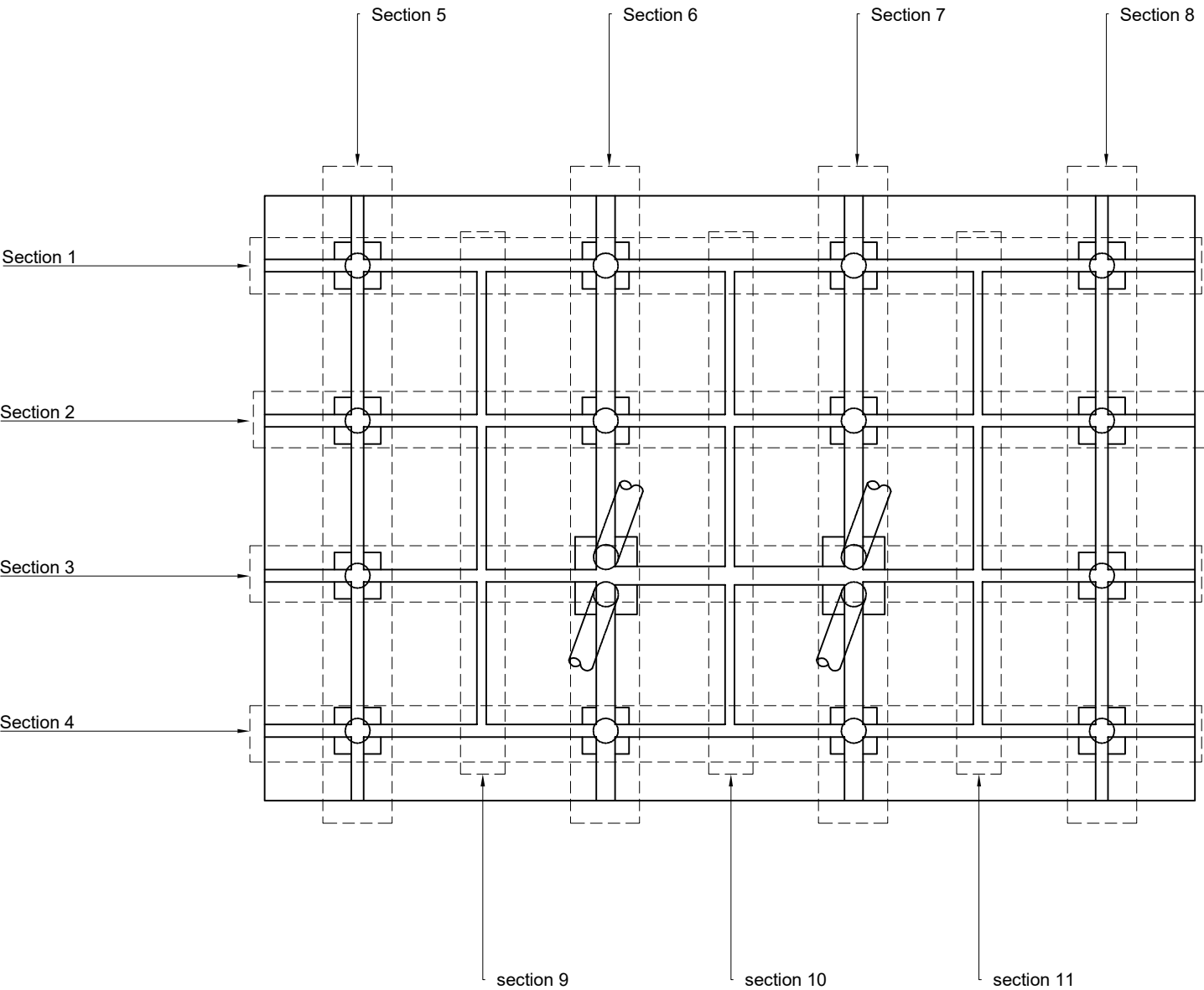
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

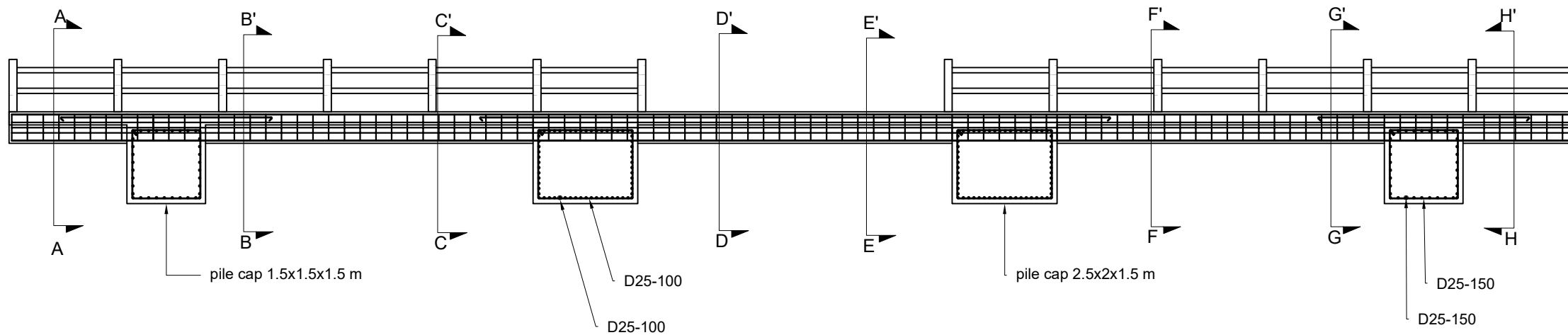
Jumlah gambar

46

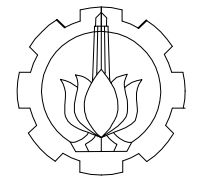
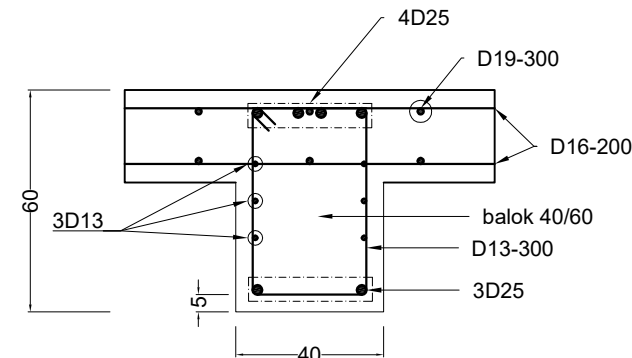
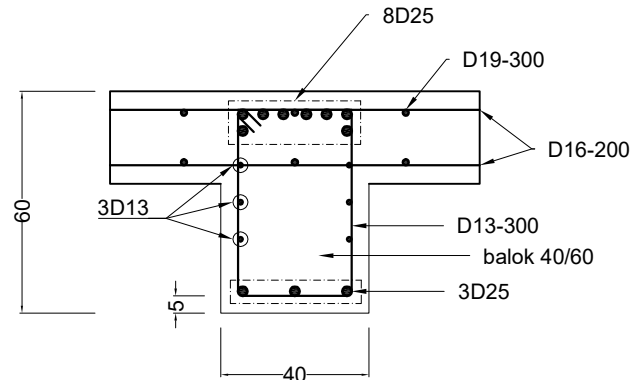
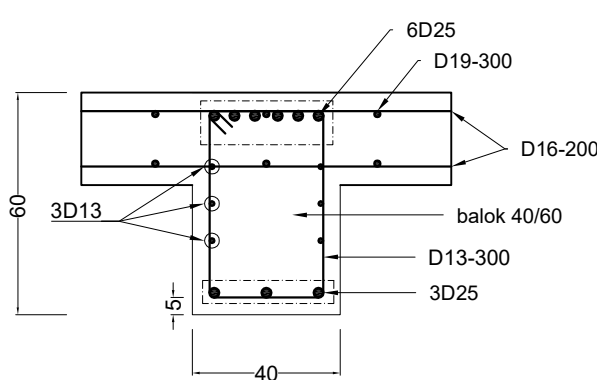
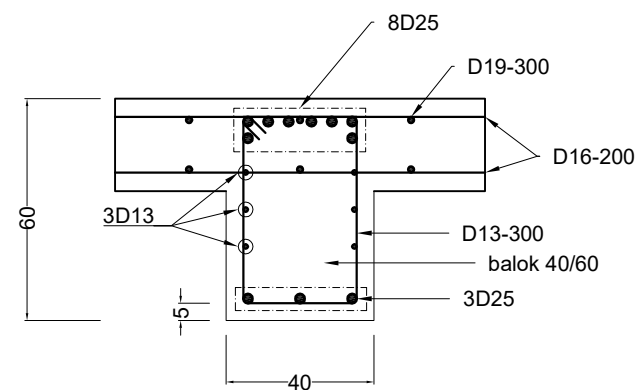
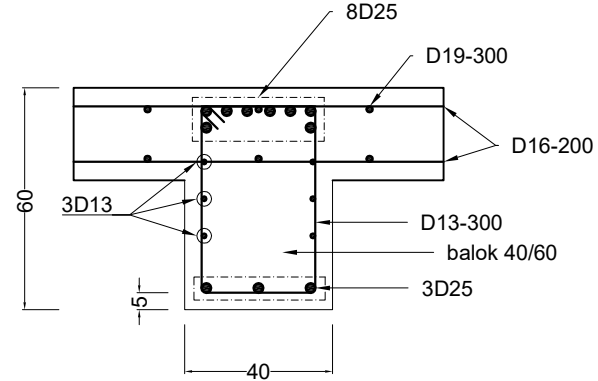
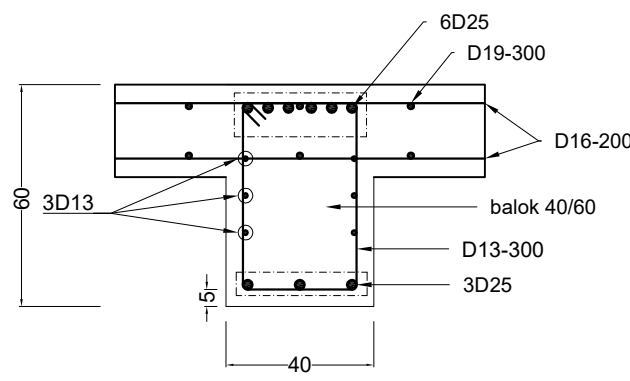
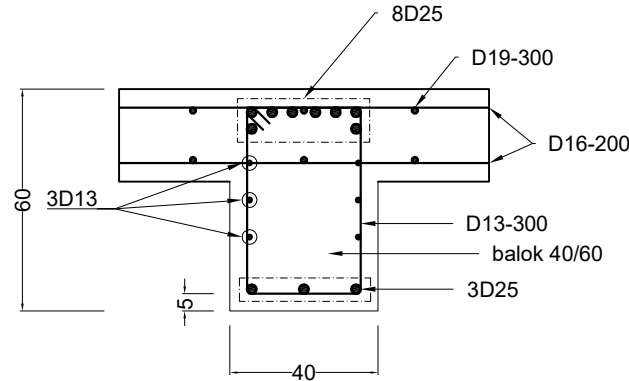
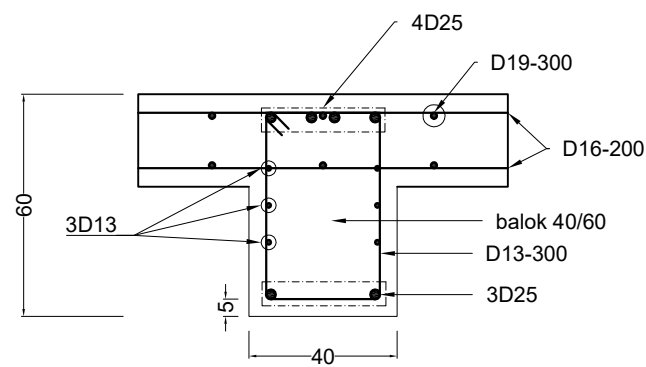
59



denah Section tulangan balok dan pile cap platform
skala 1 : 200



Section 1 penulangan balok dan pile cap platform
skala 1 : 100



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Detail penulangan balok Section 1

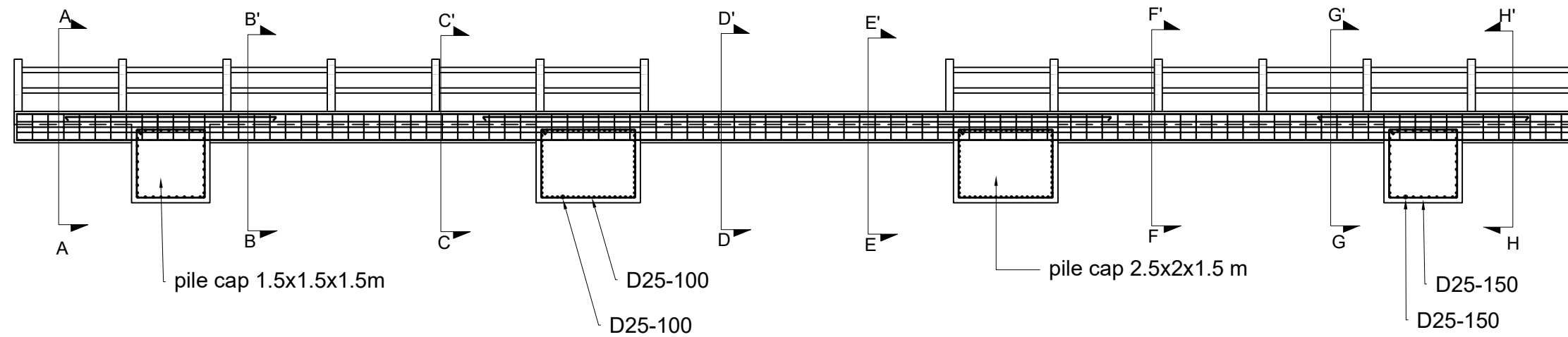
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

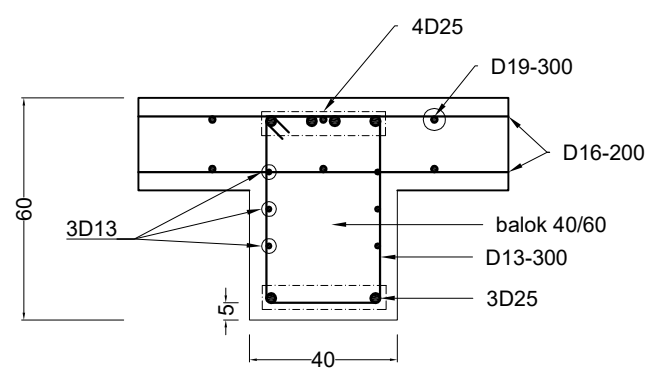
Jumlah gambar

47

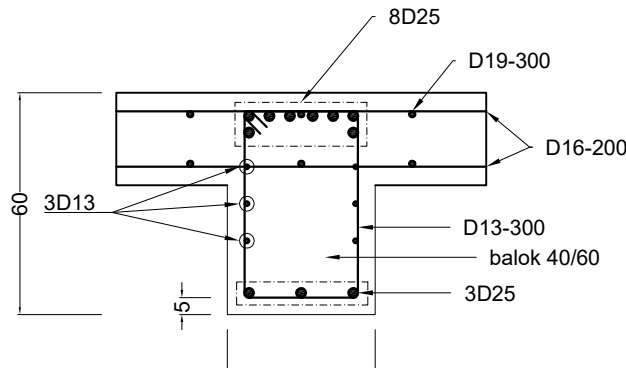
59



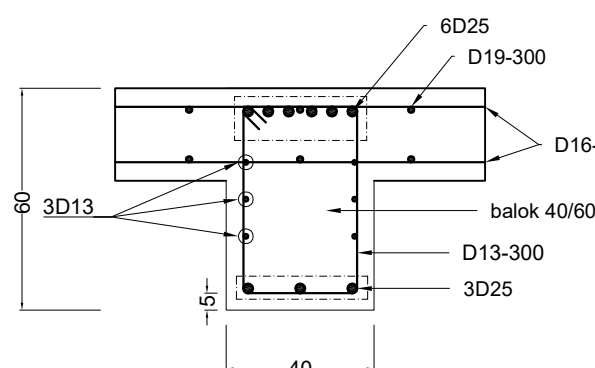
Section 2 penulangan balok dan pile cap platform
skala 1 : 100



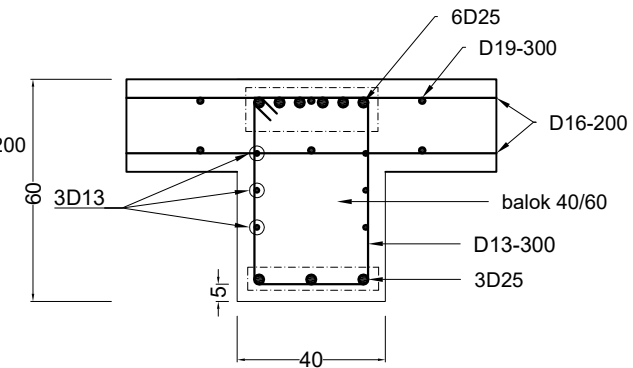
potongan A-A'
skala 1 : 20



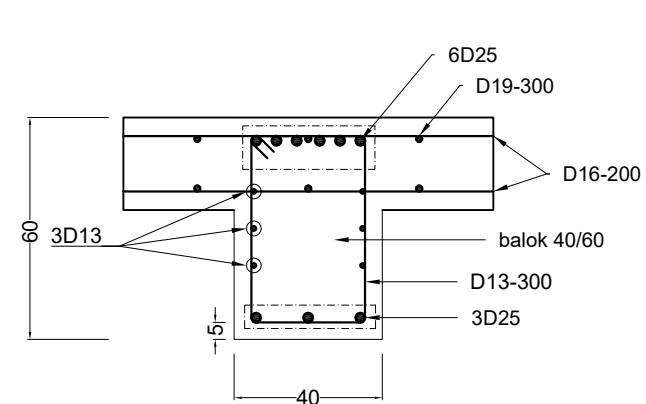
potongan B-B'
skala 1 : 20



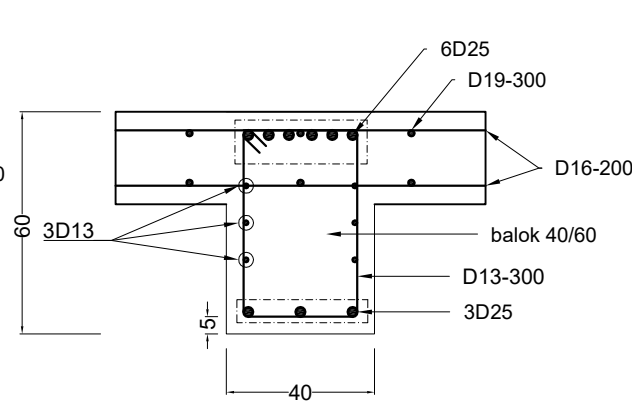
potongan C-C'
skala 1 : 20



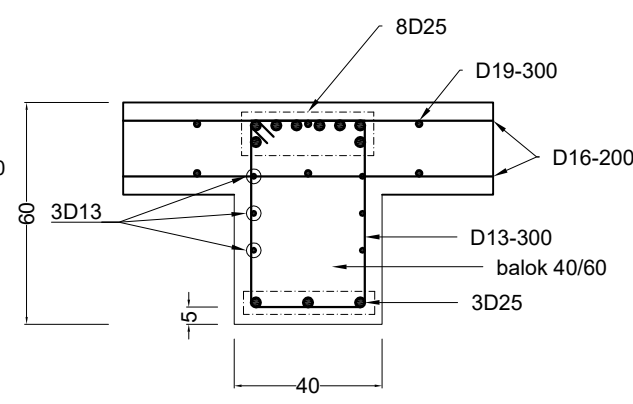
potongan D-D'
skala 1 : 20



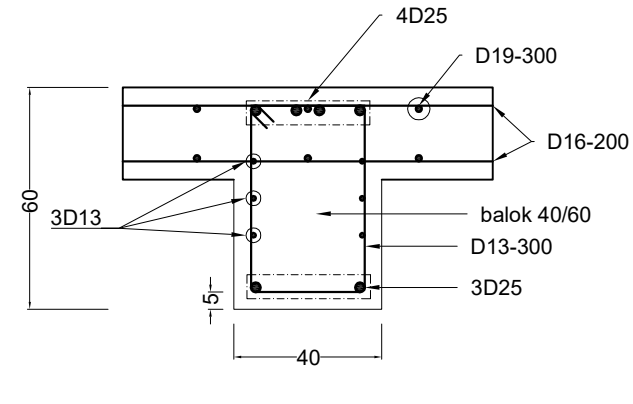
potongan E-E'
skala 1 : 20



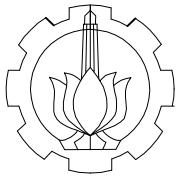
potongan F-F'
skala 1 : 20



potongan G-G'
skala 1 : 20



potongan H-H'
skala 1 : 20



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Detail penulangan balok section 2

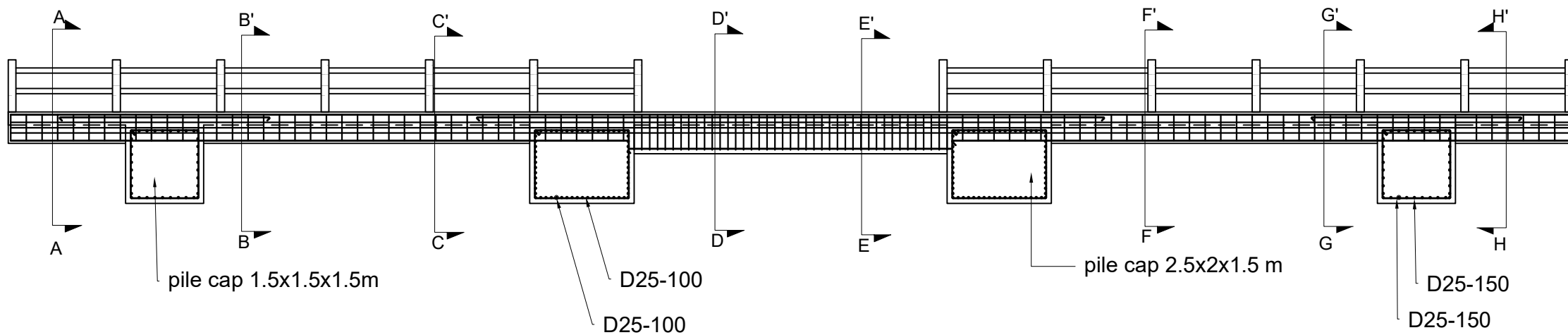
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

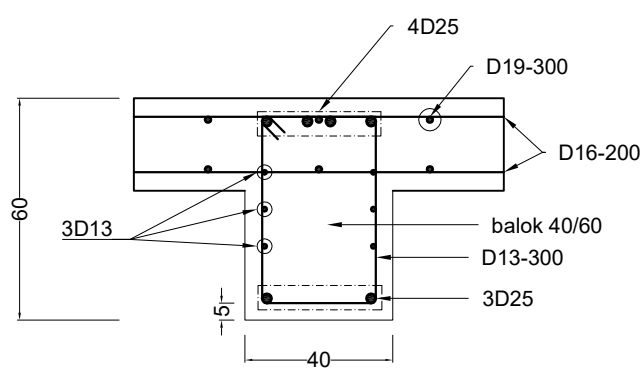
Jumlah gambar

48

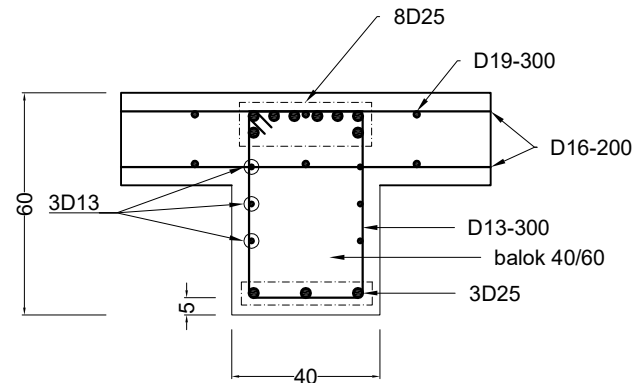
59



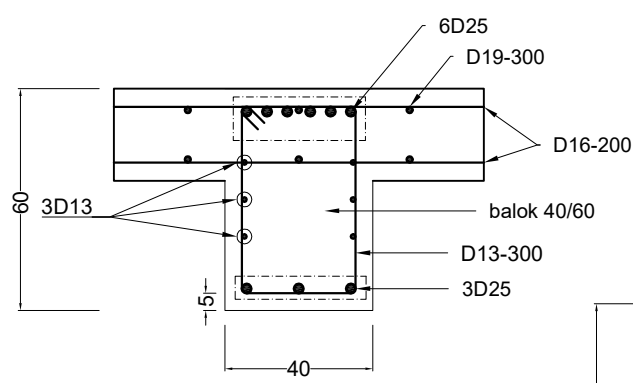
Section 3 penulangan balok dan pile cap platform
skala 1 : 100



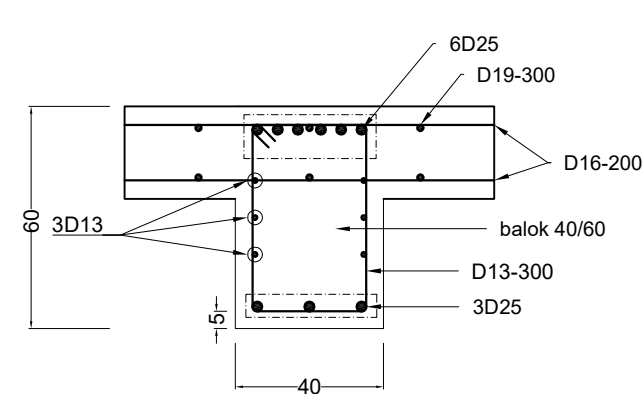
potongan A-A'
skala 1 : 20



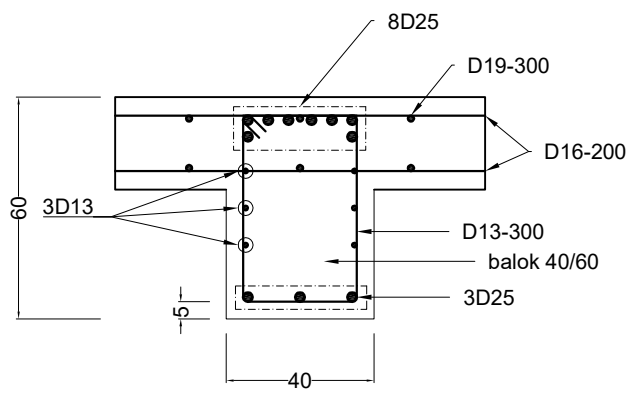
potongan B-B'
skala 1 : 20



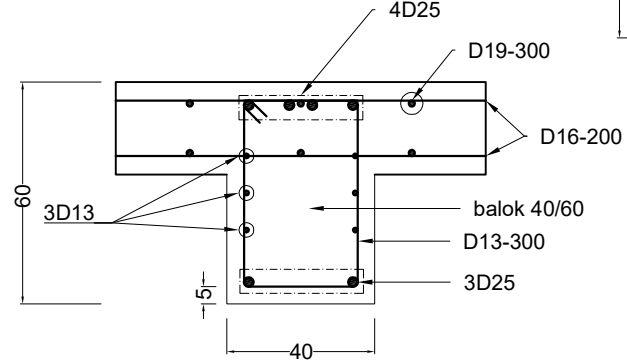
potongan C-C'
skala 1 : 20



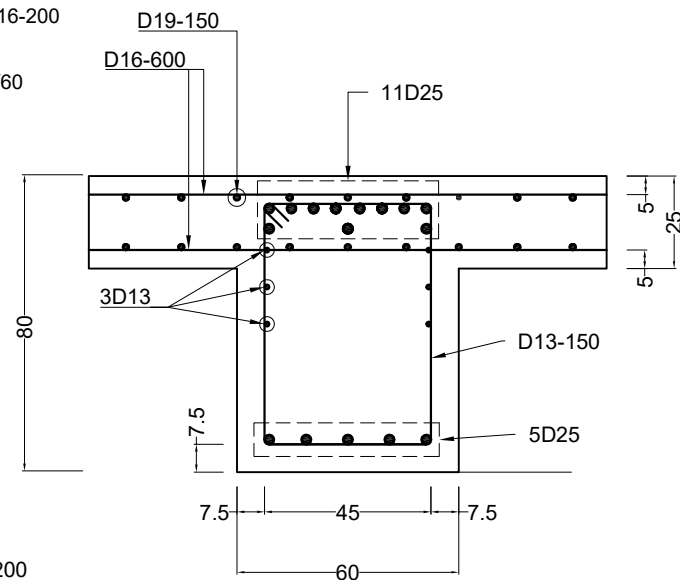
potongan F-F'
skala 1 : 20



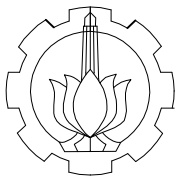
potongan G-G'
skala 1 : 20



potongan H-H'
skala 1 : 20



potongan D-D' dan E-E'
skala 1 : 20



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Detail penulangan balok section 3

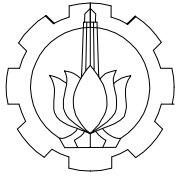
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

Jumlah gambar

49

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Detail penulangan balok section 4

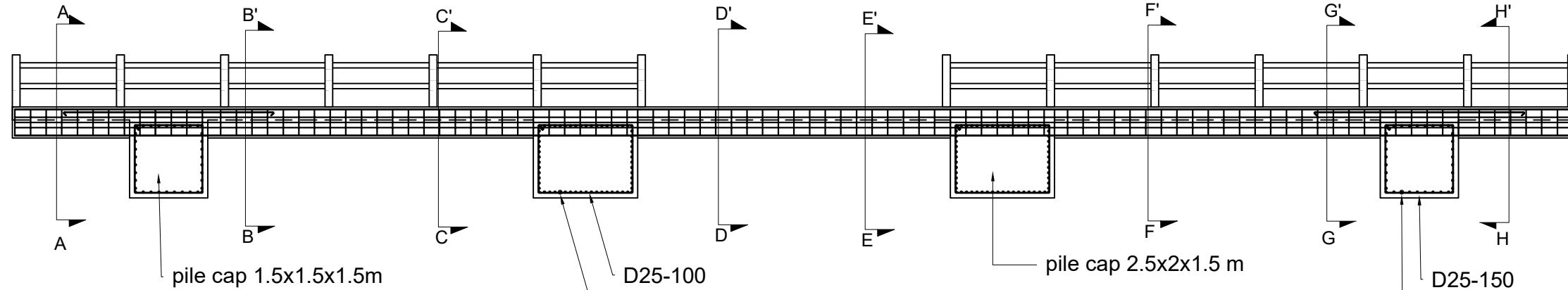
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

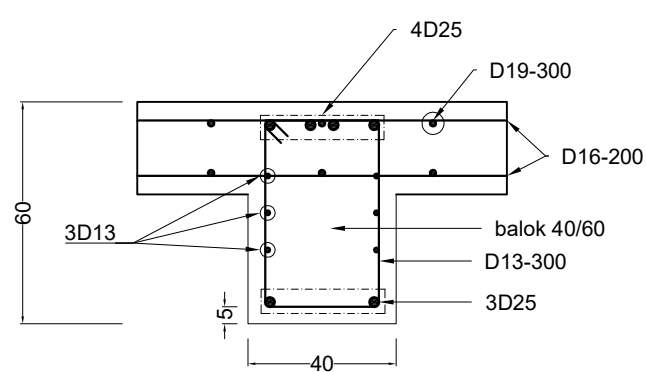
50

Jumlah gambar

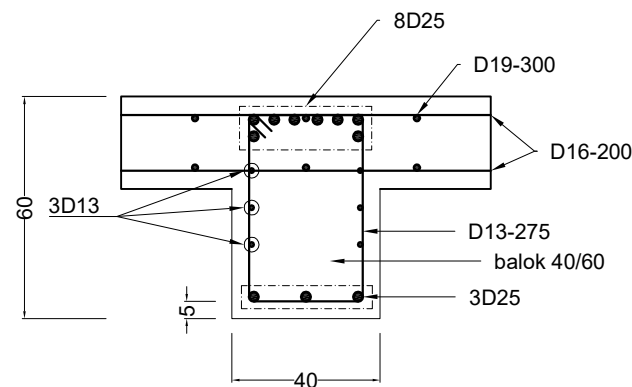
59



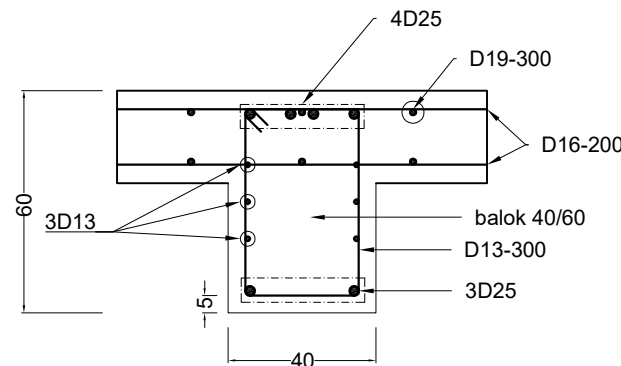
Section 4 penulangan balok dan pile cap platform
skala 1 : 100



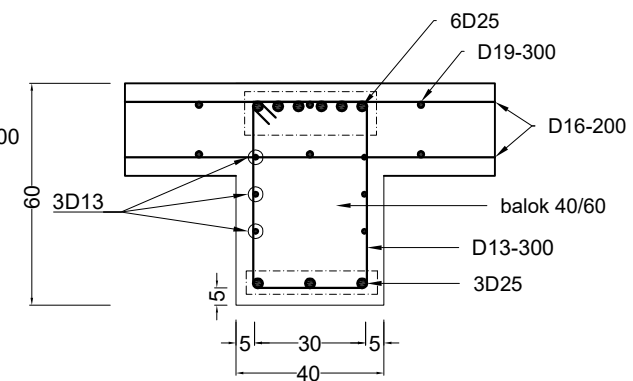
potongan A-A'
skala 1 : 20



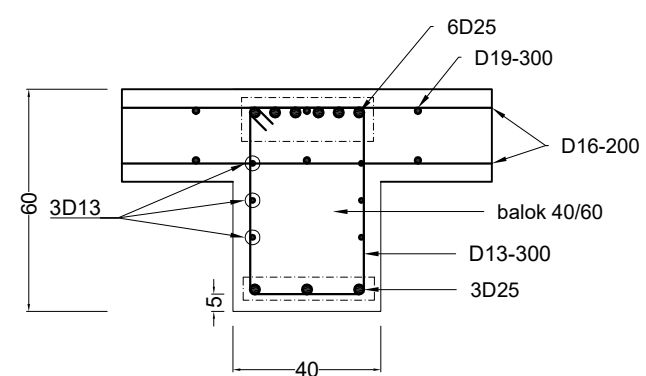
potongan B-B'
skala 1 : 20



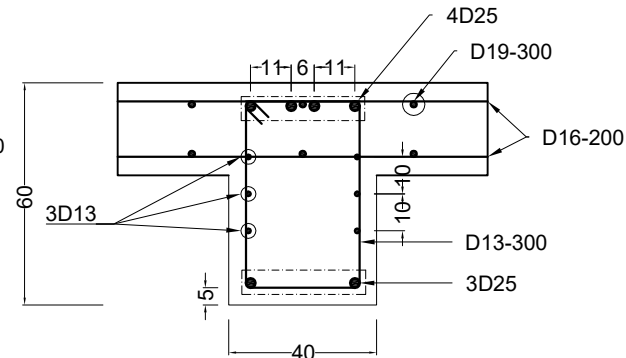
potongan C-C'
skala 1 : 20



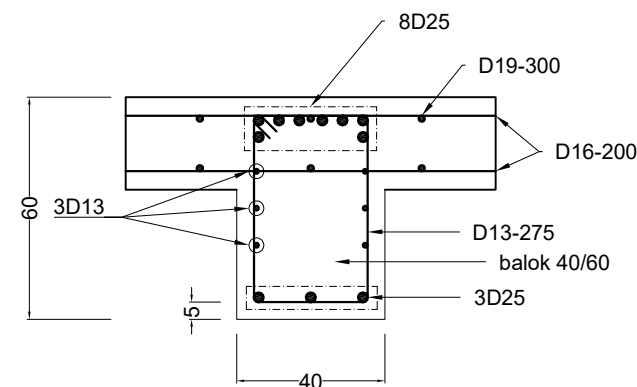
potongan D-D'
skala 1 : 20



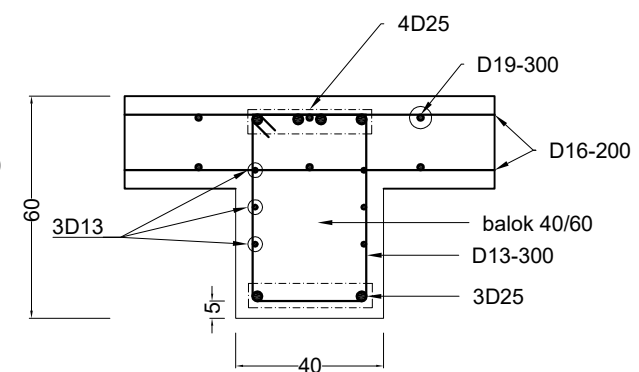
potongan E-E'
skala 1 : 20



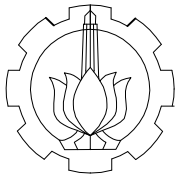
potongan F-F'
skala 1 : 20



potongan G-G'
skala 1 : 20



potongan H-H'
skala 1 : 20



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

penulangan section 5 balok platform

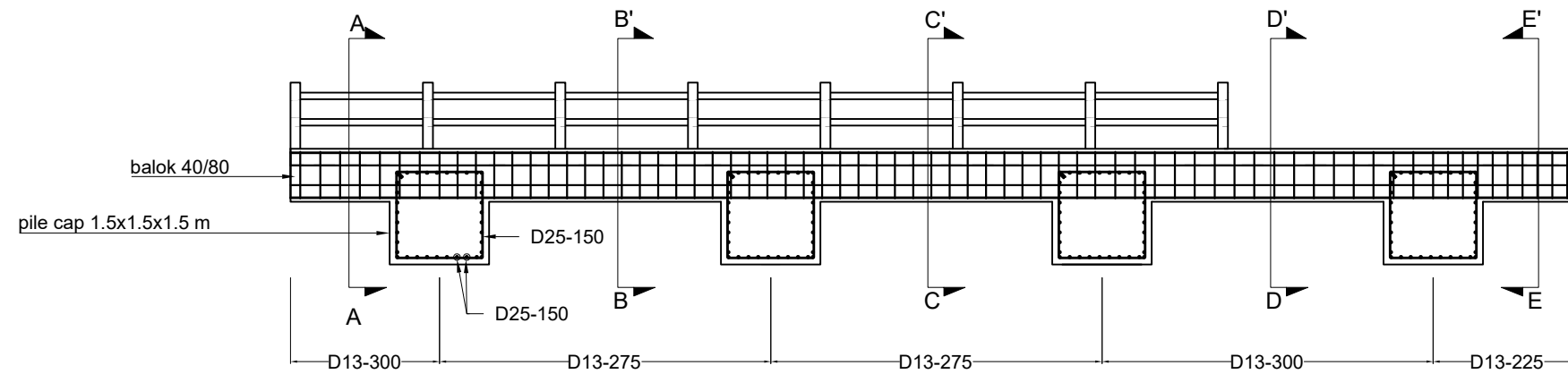
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

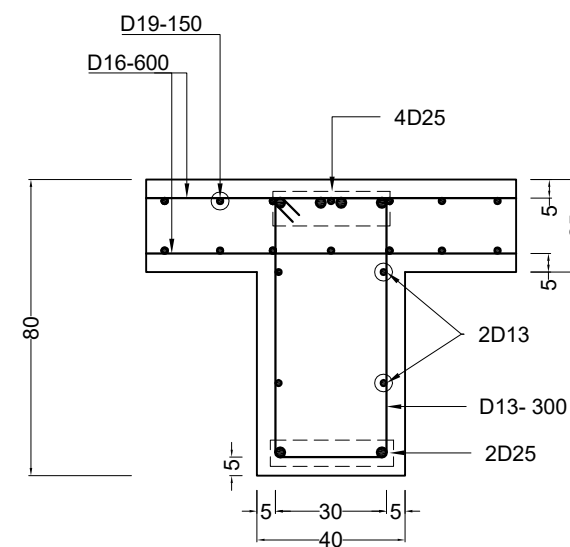
51

Jumlah gambar

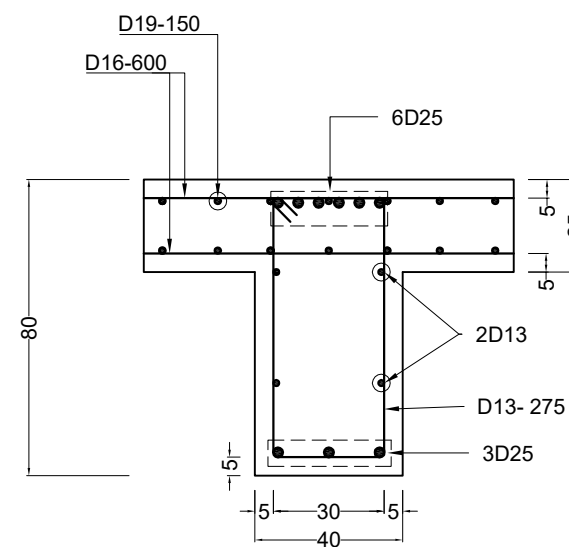
59



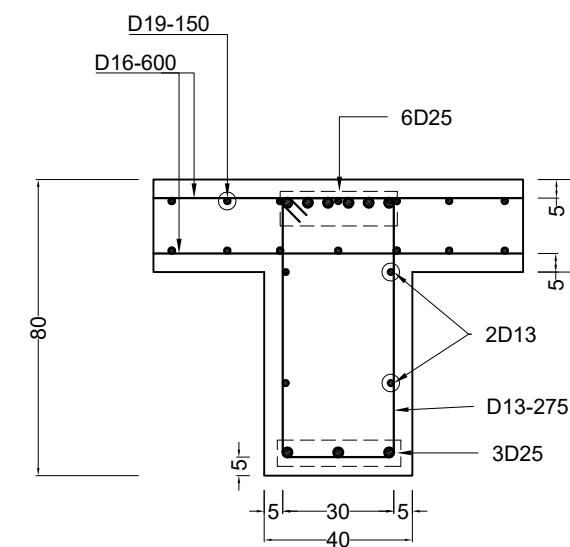
Section 5 penulangan balok dan pile cap platform
skala 1 : 100



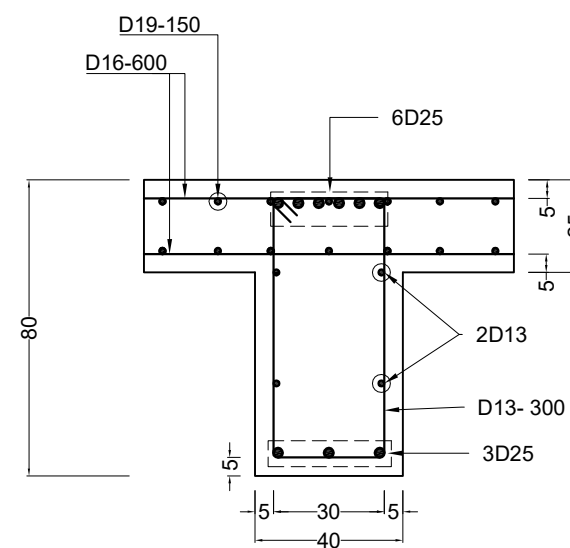
potongan A-A'
skala 1 : 20



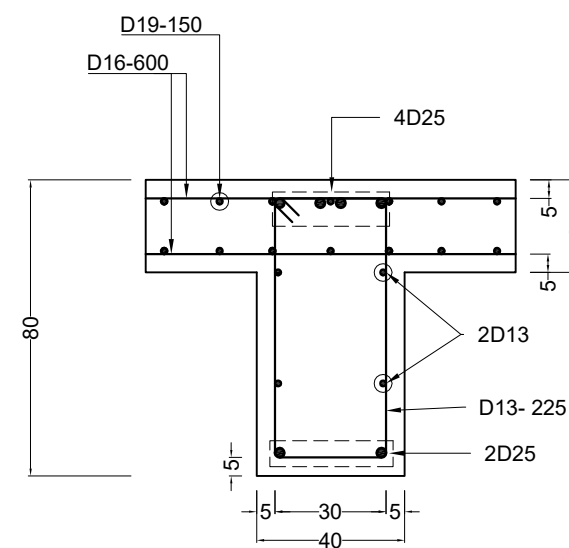
potongan B-B'
skala 1 : 20



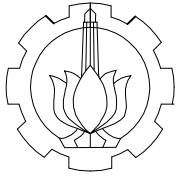
potongan C-C'
skala 1 : 20



potongan D-D'
skala 1 : 20



potongan E-E'
skala 1 : 20



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

penulangan section 6 balok platform

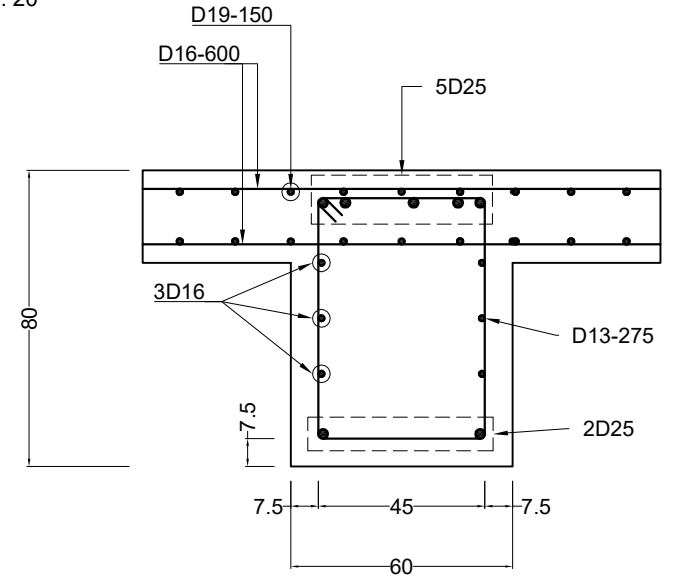
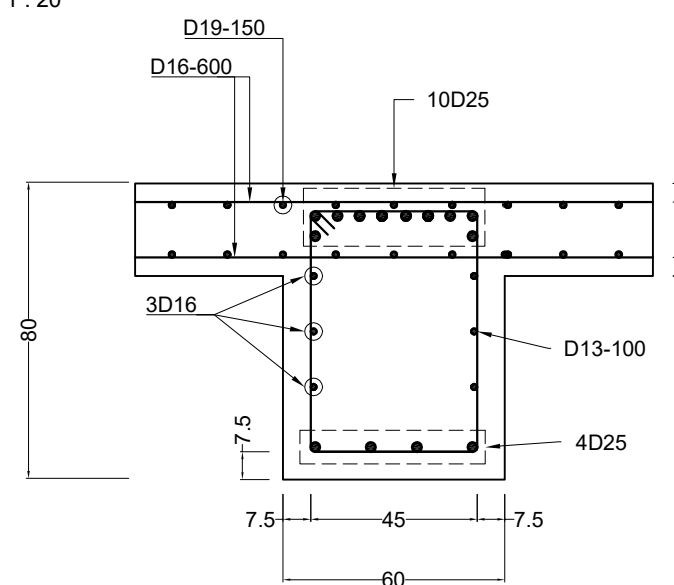
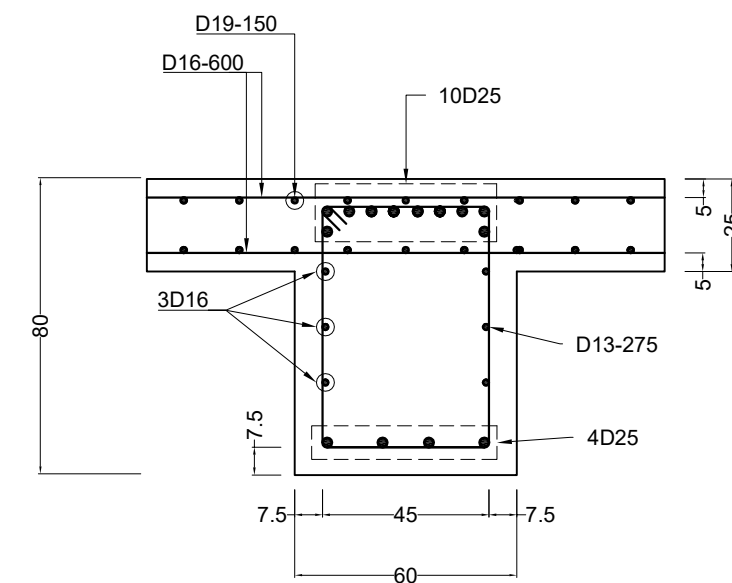
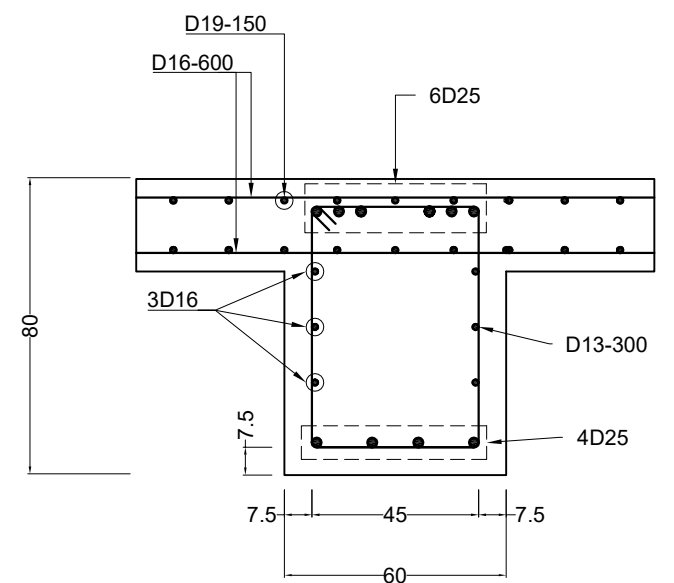
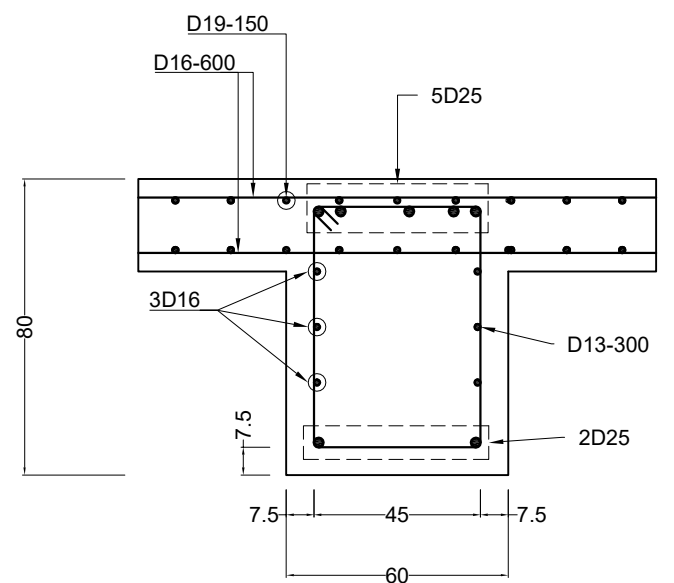
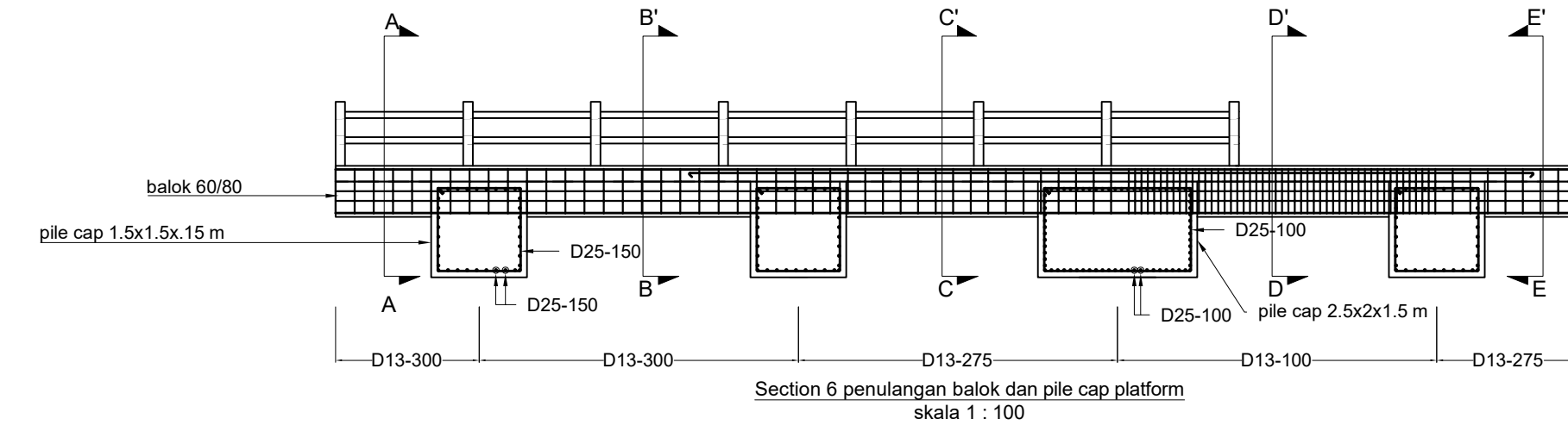
skala untuk plotting ukuran kertas A3

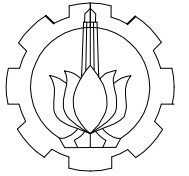
Nomor halaman

52

Jumlah gambar

59





Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

penulangan section 7 balok platform

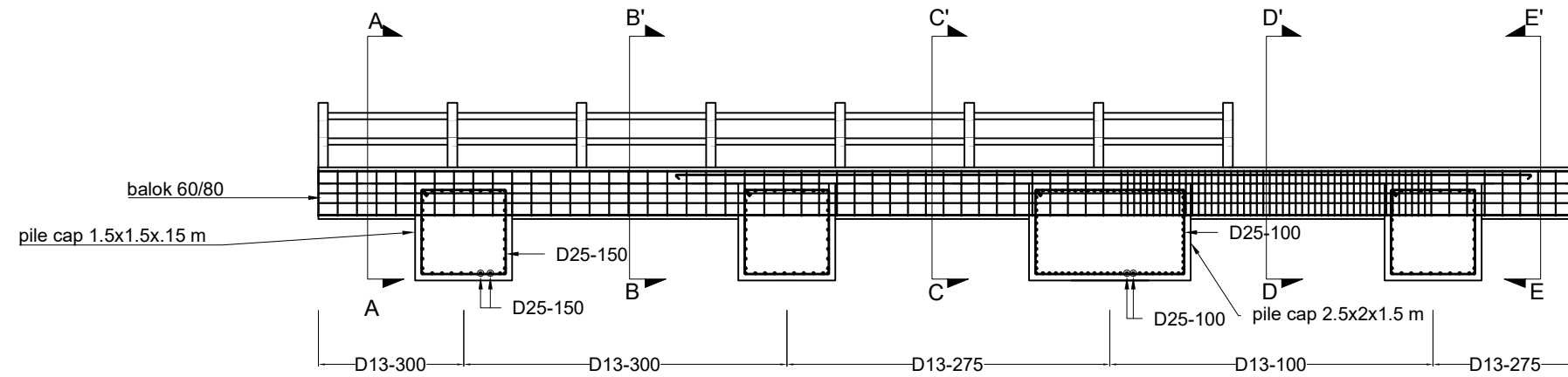
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

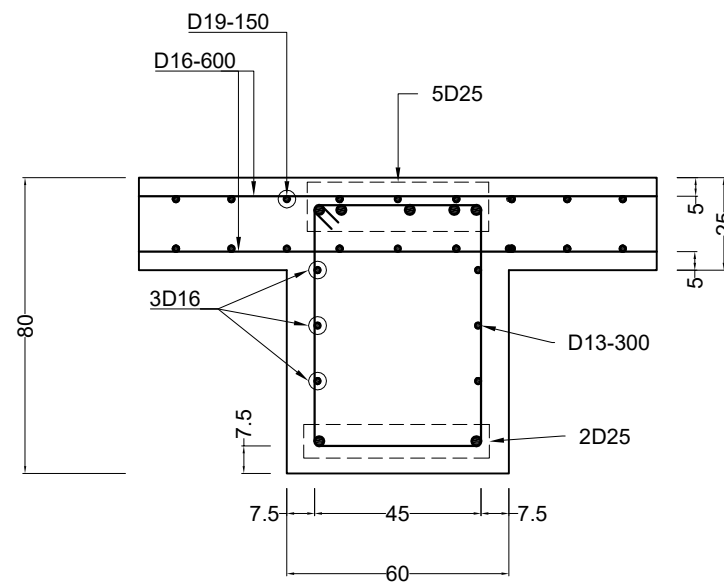
53

Jumlah gambar

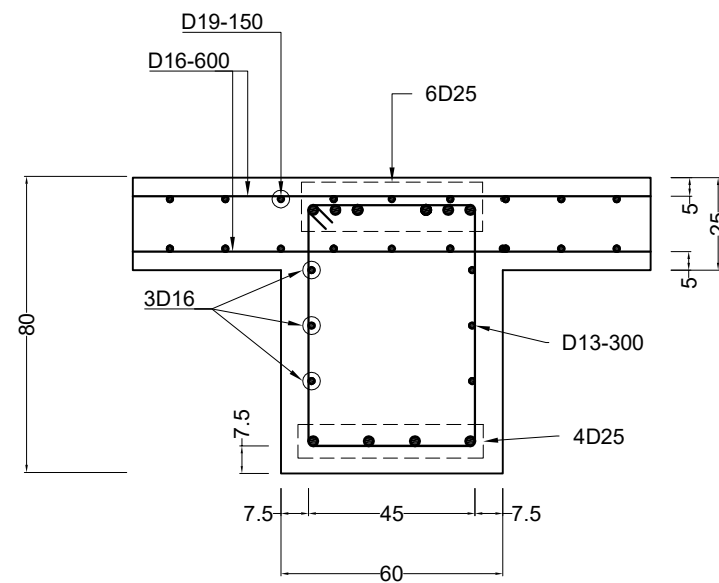
59



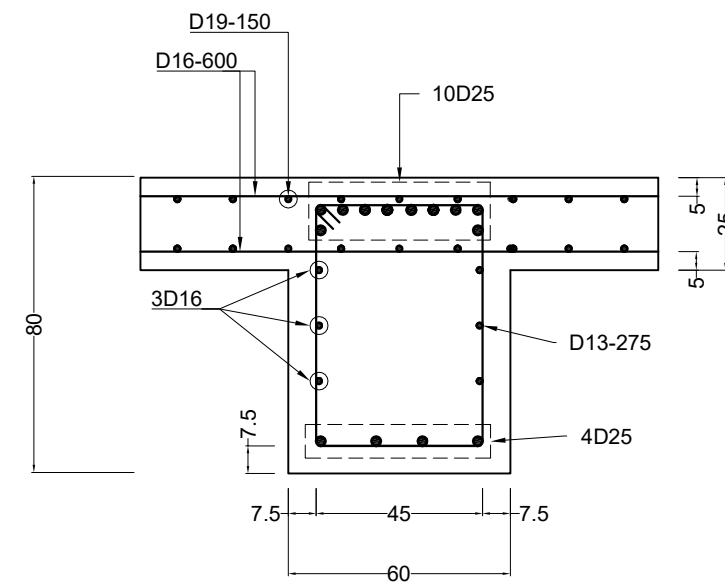
Section 7 penulangan balok dan pile cap platform
skala 1 : 100



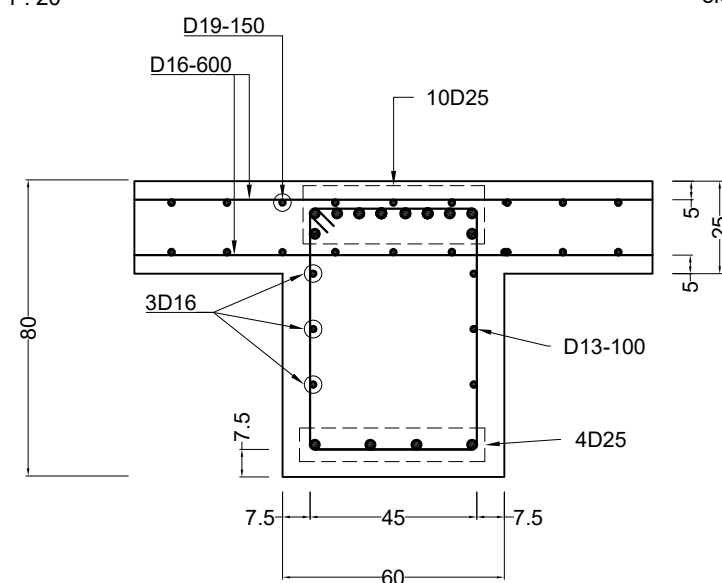
potongan A-A'
skala 1 : 20



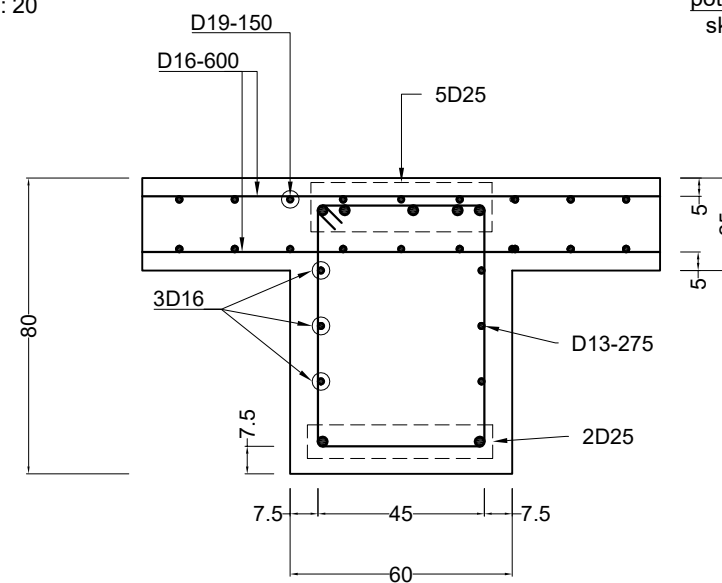
potongan B-B'
skala 1 : 20



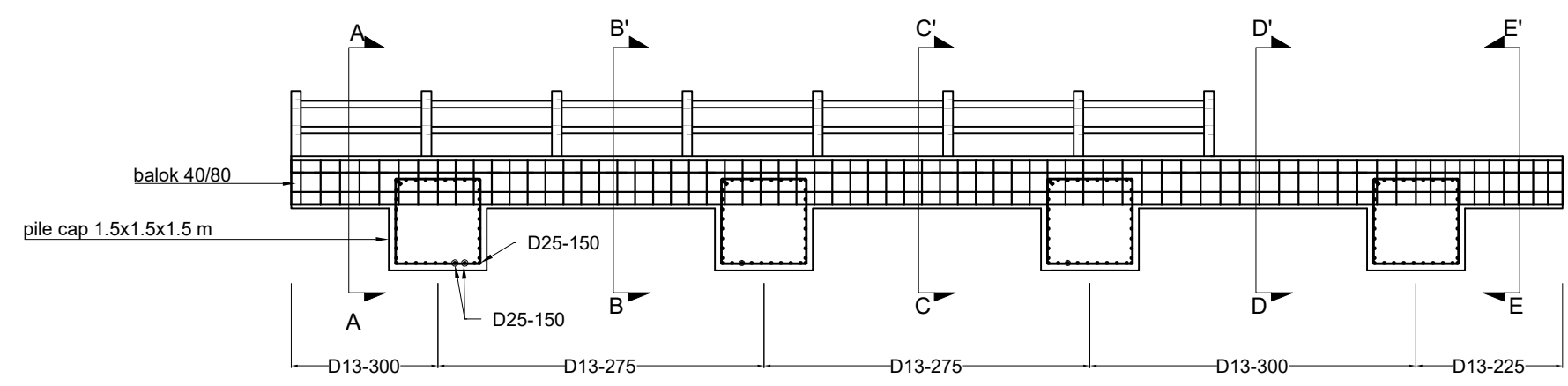
potongan C-C'
skala 1 : 20



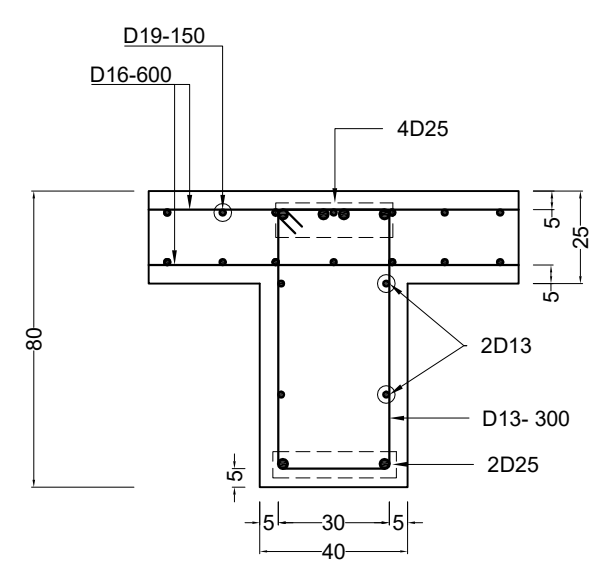
potongan D-D'
skala 1 : 20



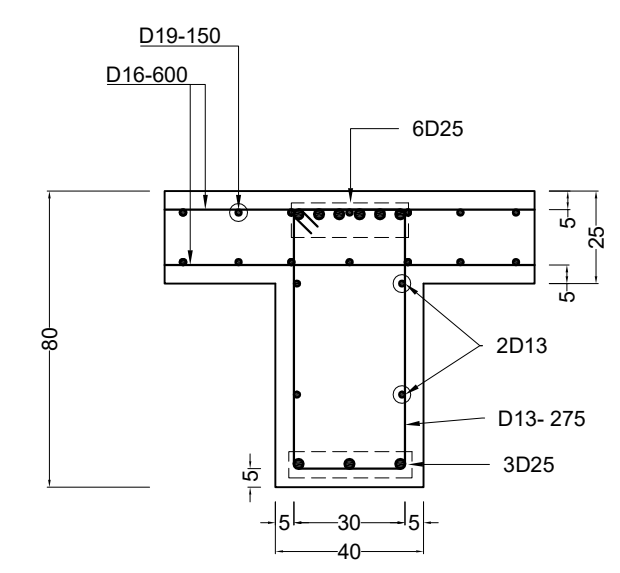
potongan E-E'
skala 1 : 20



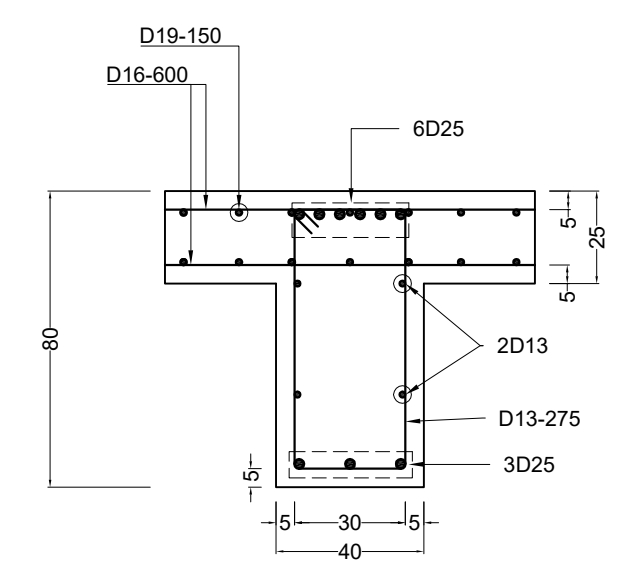
Section 8 penulangan balok dan pile cap platform
skala 1 : 100



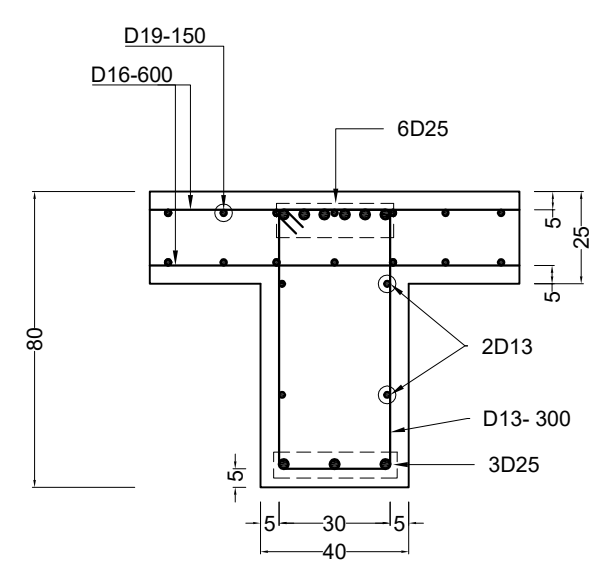
potongan A-A'
skala 1 : 20



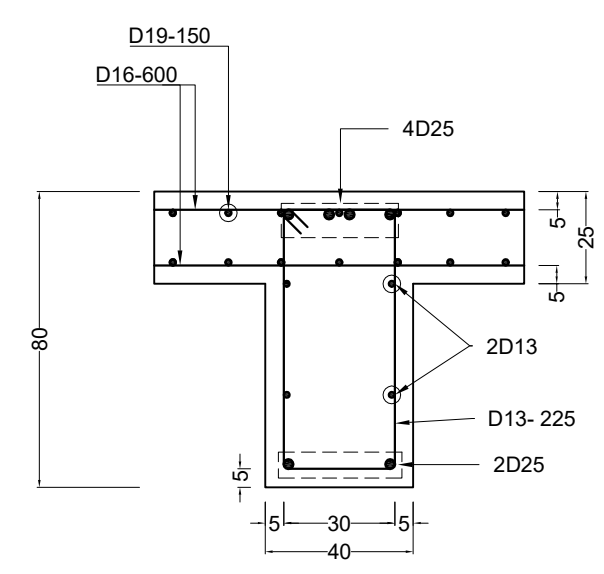
potongan B-B'
skala 1 : 20



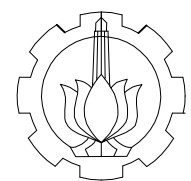
potongan C-C'
skala 1 : 20



potongan D-D'
skala 1 : 20



potongan E-E'
skala 1 : 20



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020
Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

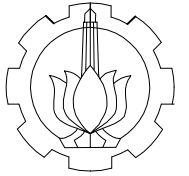
Nama Gambar

penulangan section 8 balok platform

skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman Jumlah gambar

54 59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :
Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Detail penulangan balok section 9,10
dan 11

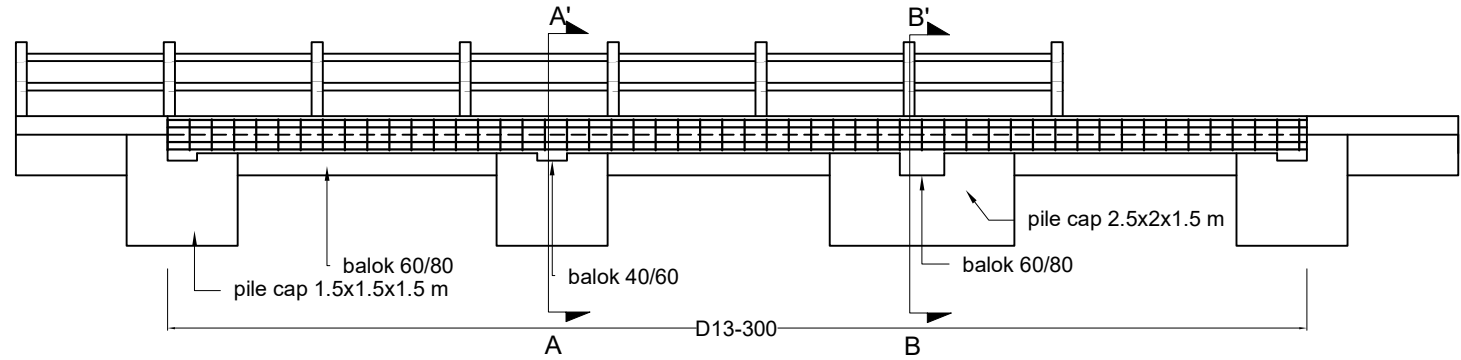
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

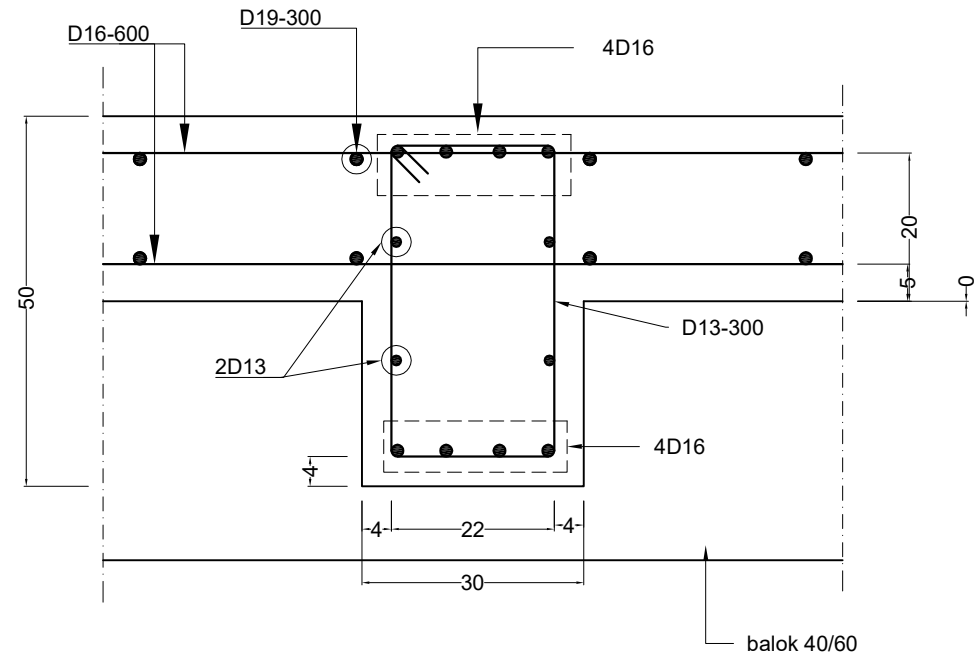
Jumlah gambar

55

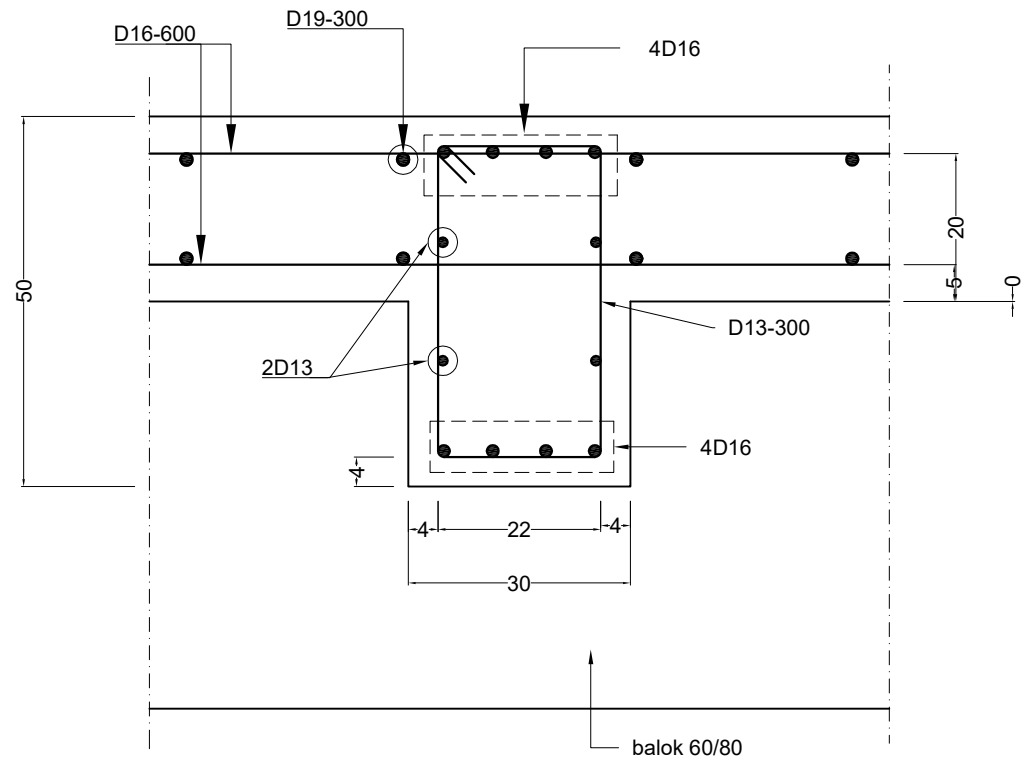
59



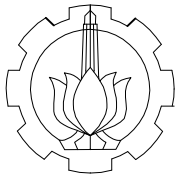
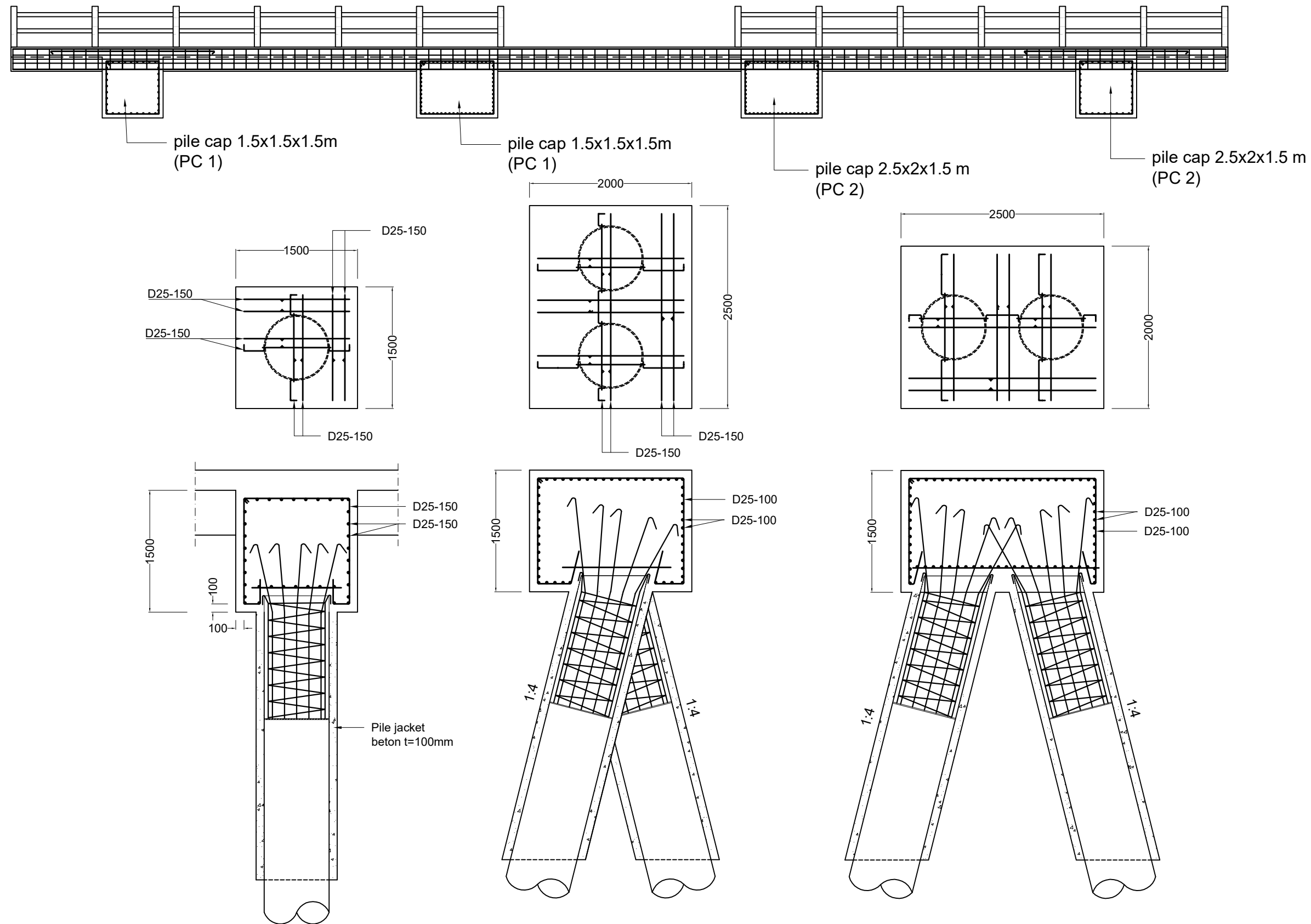
Section 9, 10, 11 penulangan balok dan pile cap platform
skala 1 : 100



potongan A-A'
skala 1 : 10



potongan B-B'
skala 1 : 10



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Penulangan pile cap platform

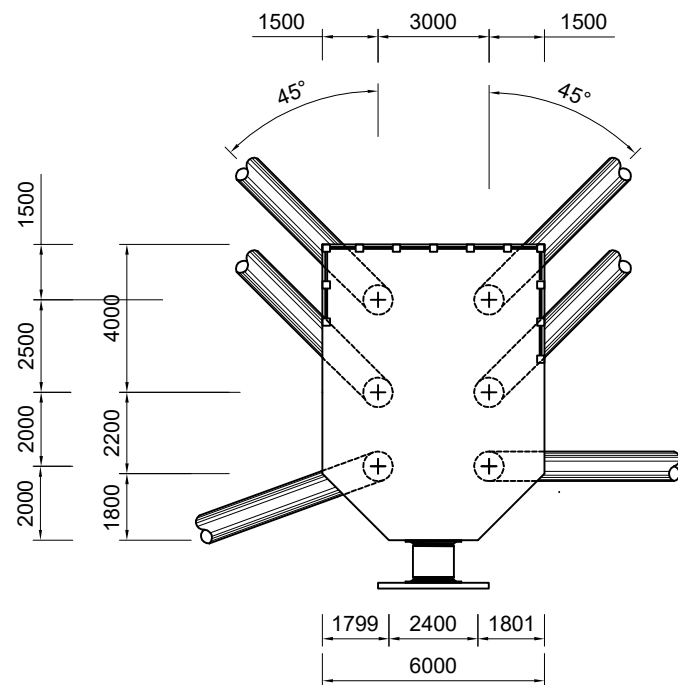
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

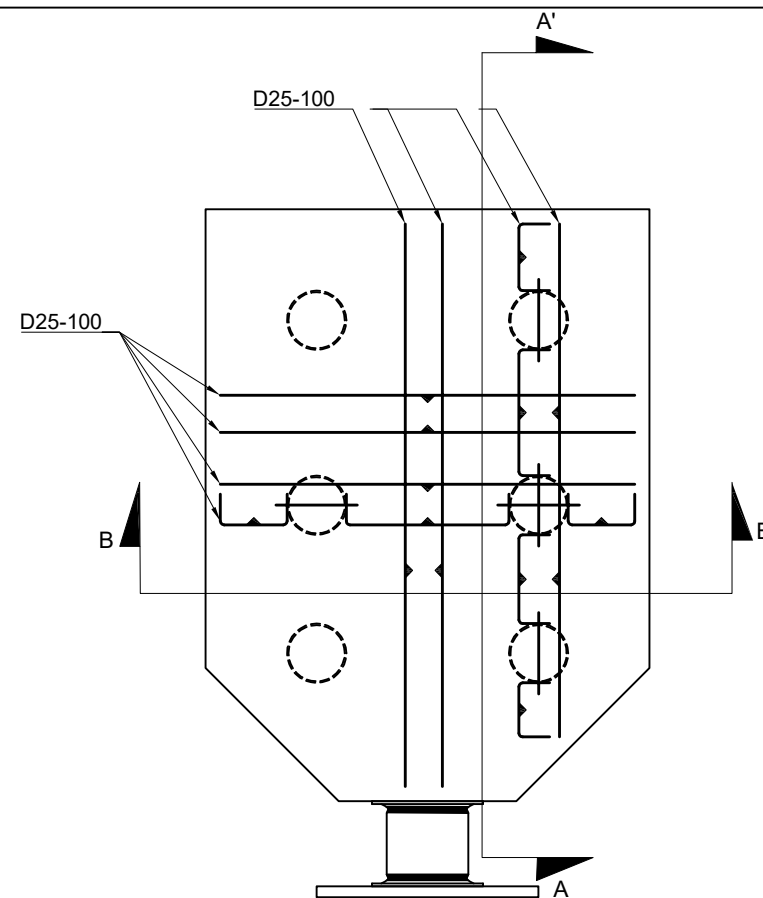
56

Jumlah gambar

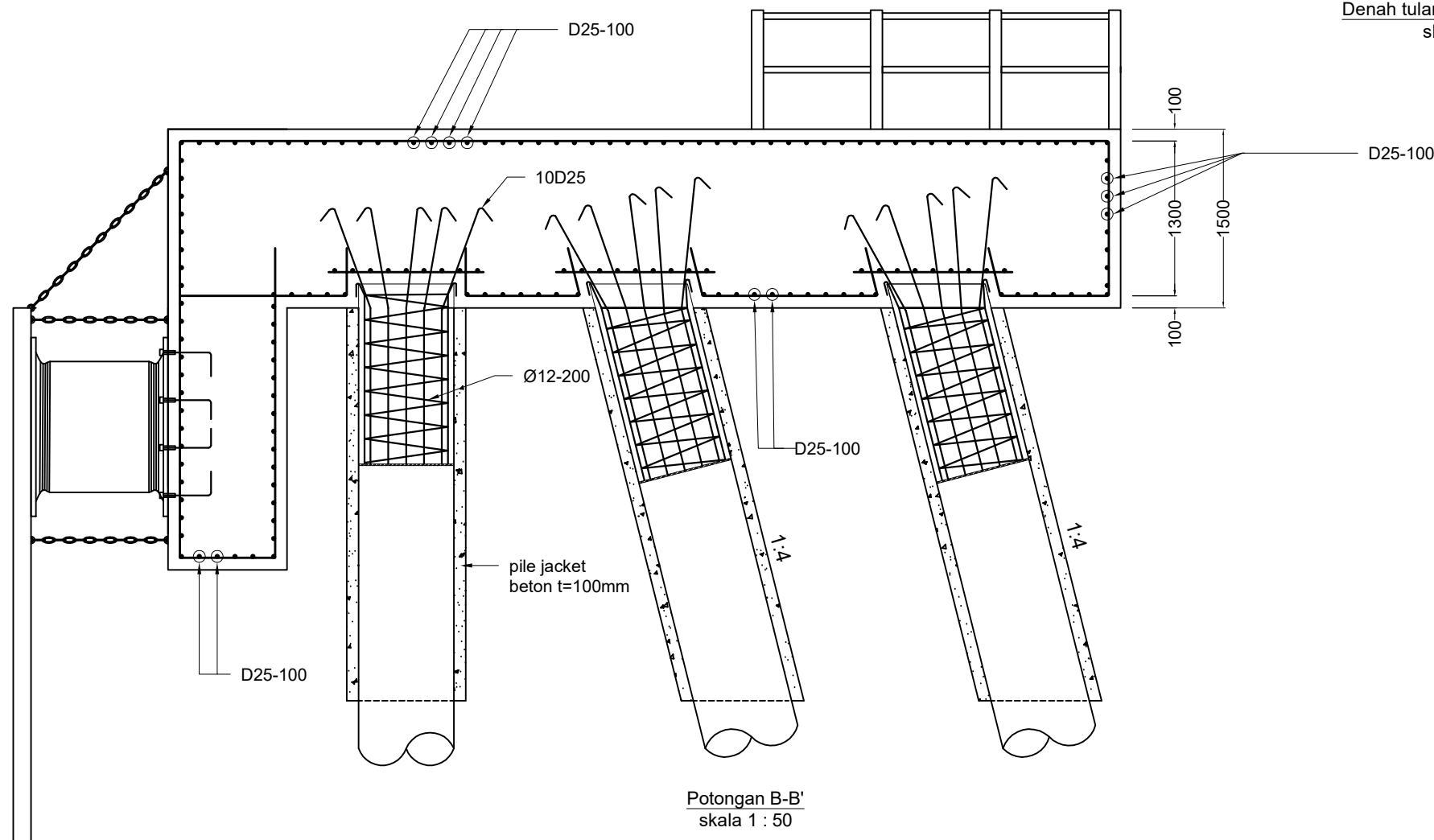
59



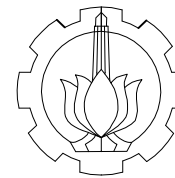
Layout Berthing dolpine
skala 1 : 200



Denah tulangan berthing dolpine
skala 1 : 100



Potongan B-B'
skala 1 : 50



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Penulangan berthing dolpine dan
tulangan penyaluran tiang pancang

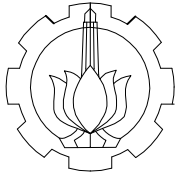
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

57

Jumlah gambar

59



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Penulangan berthing dolpine dan
tulangan penyaluran tiang pancang

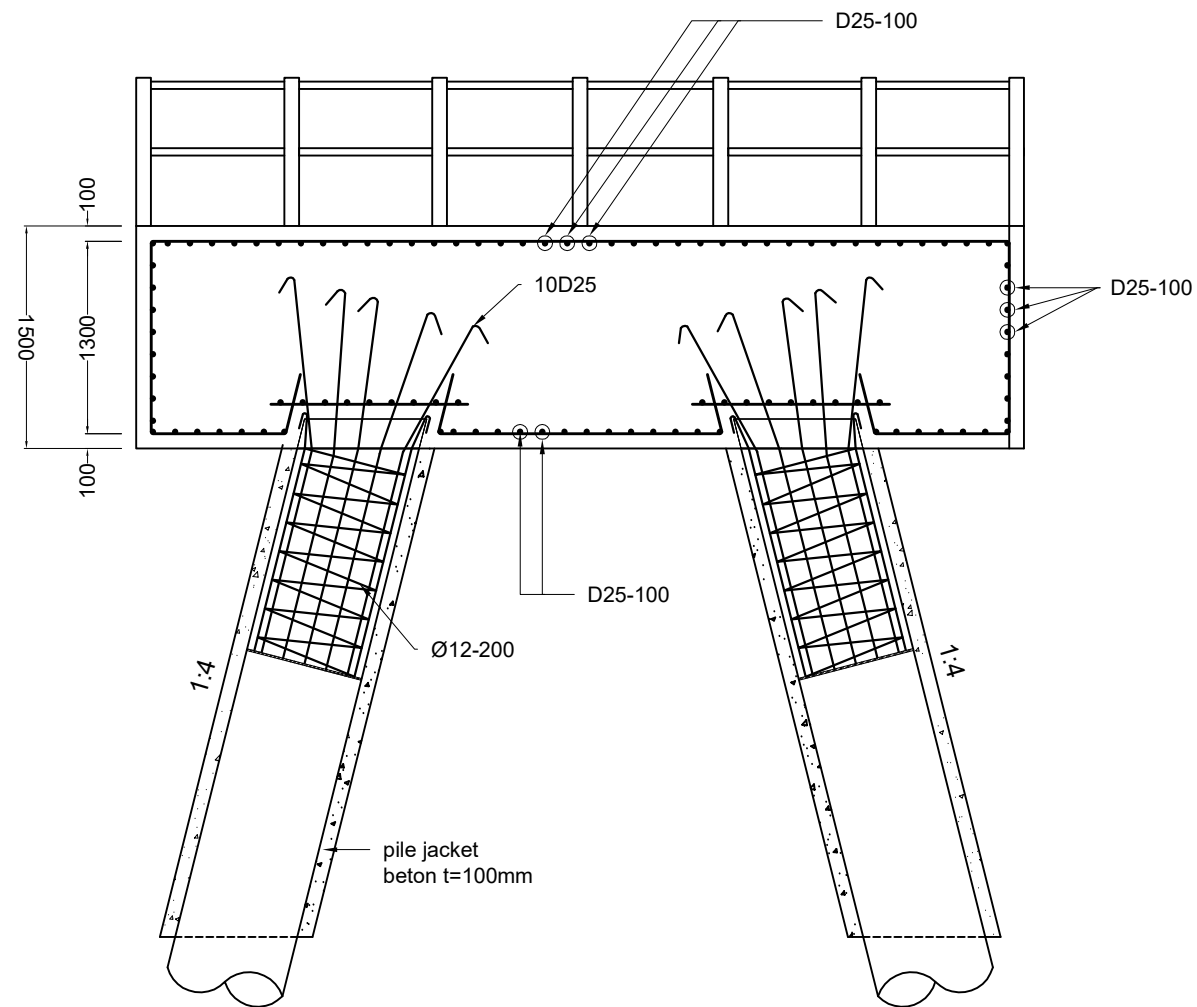
skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

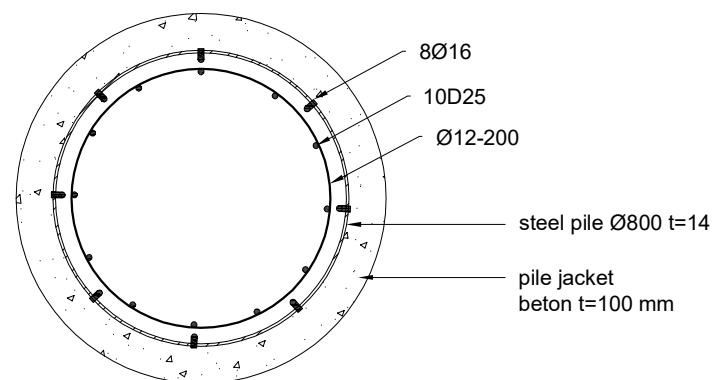
Jumlah gambar

58

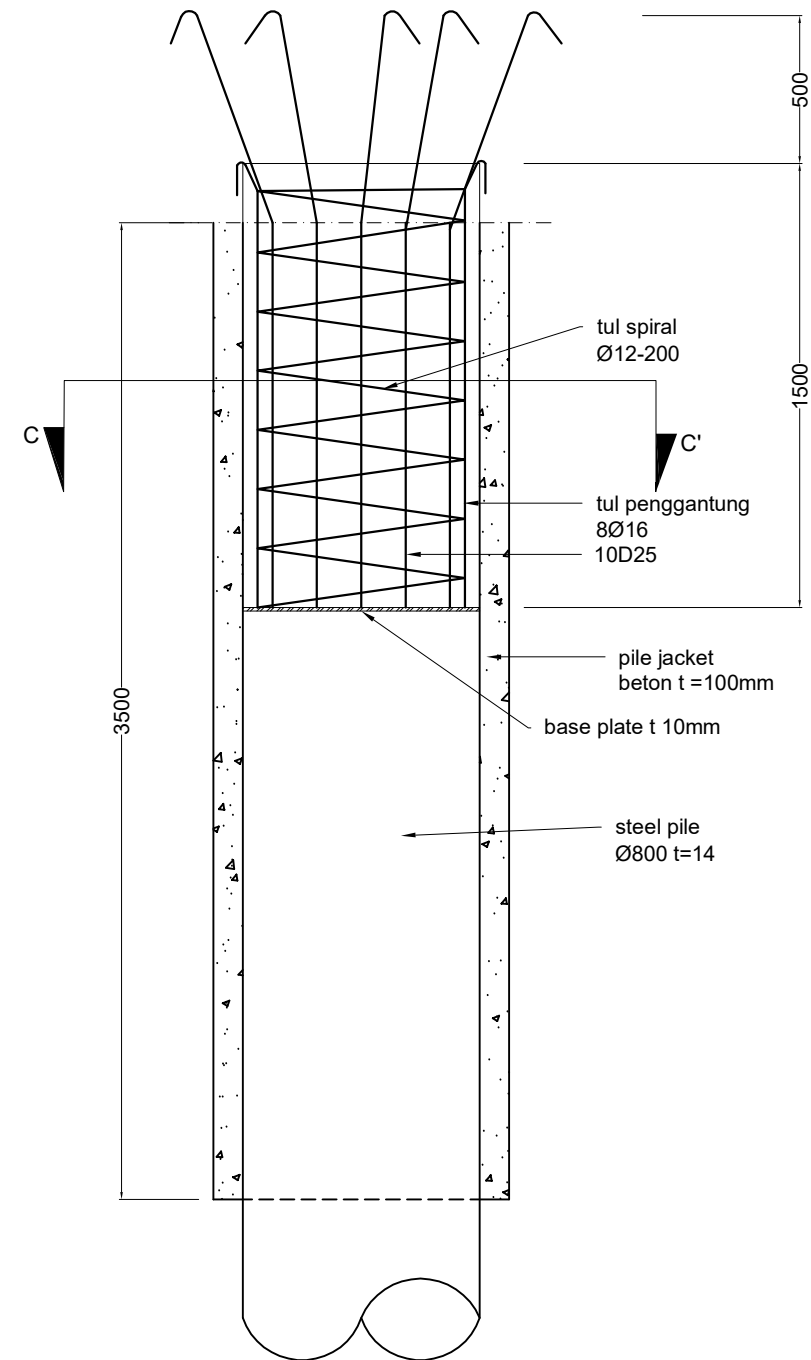
59



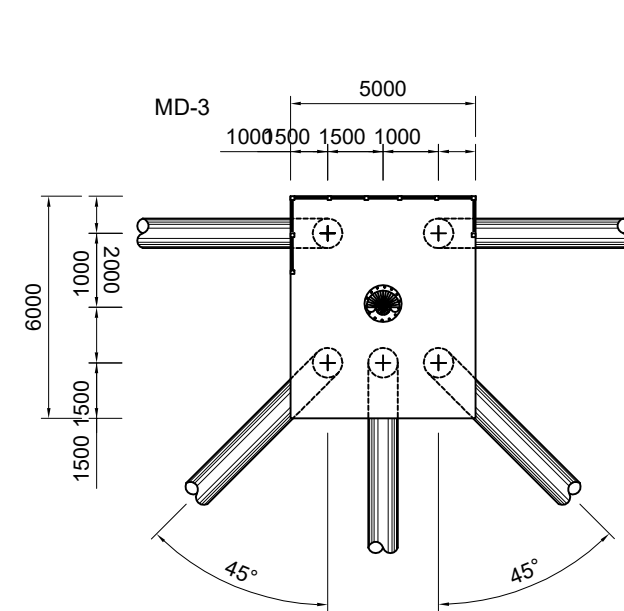
Potongan A-A'
skala 1 : 50



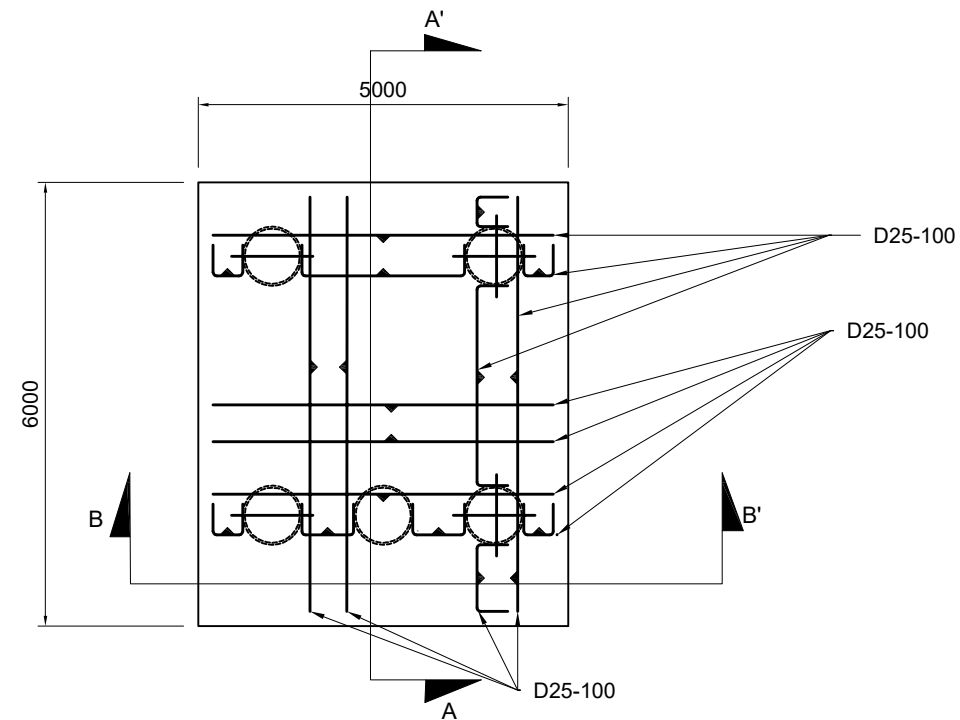
Potongan C-C'
skala 1 : 20



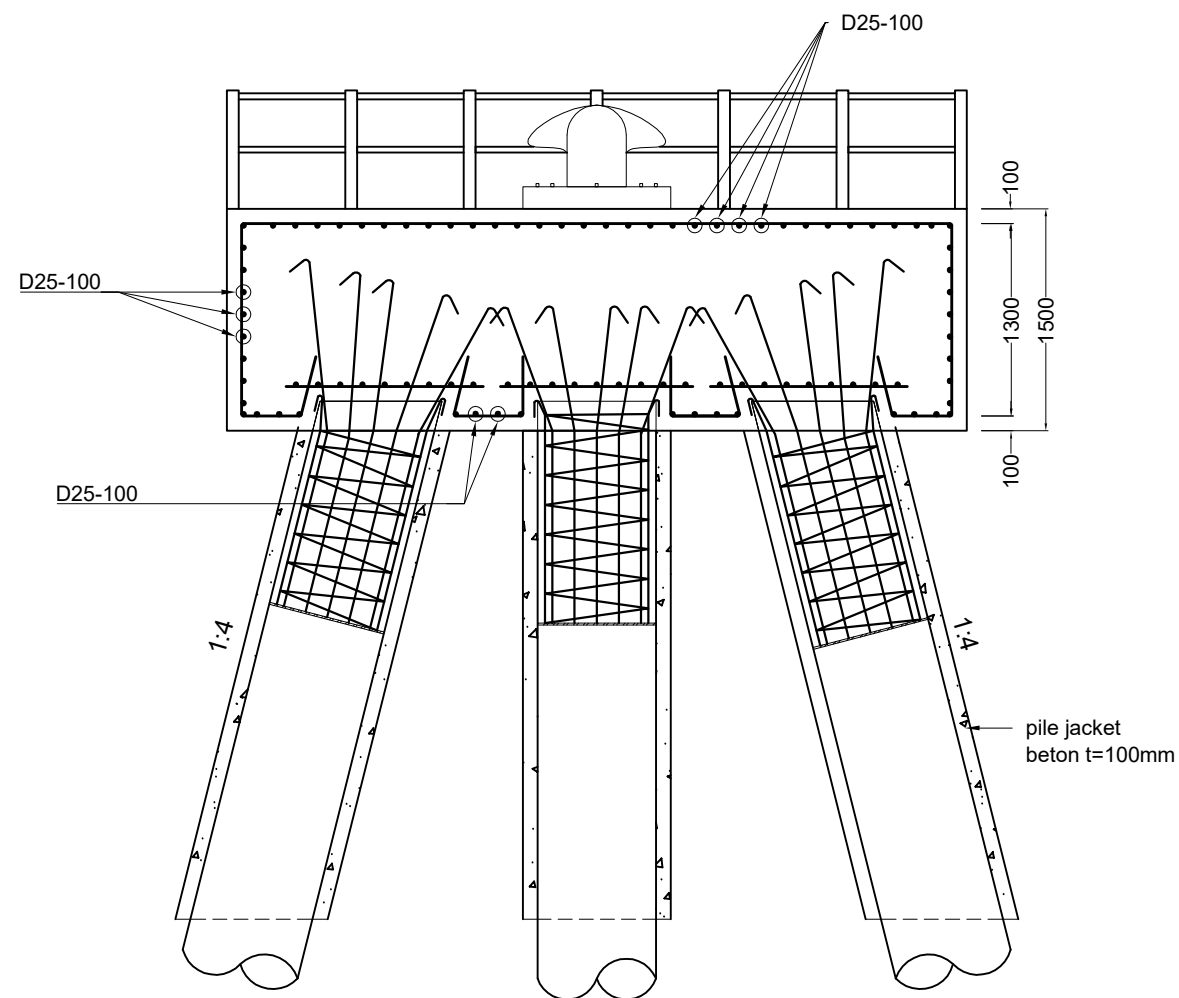
Detail tul pengikat pipa pancang
skala 1 : 25



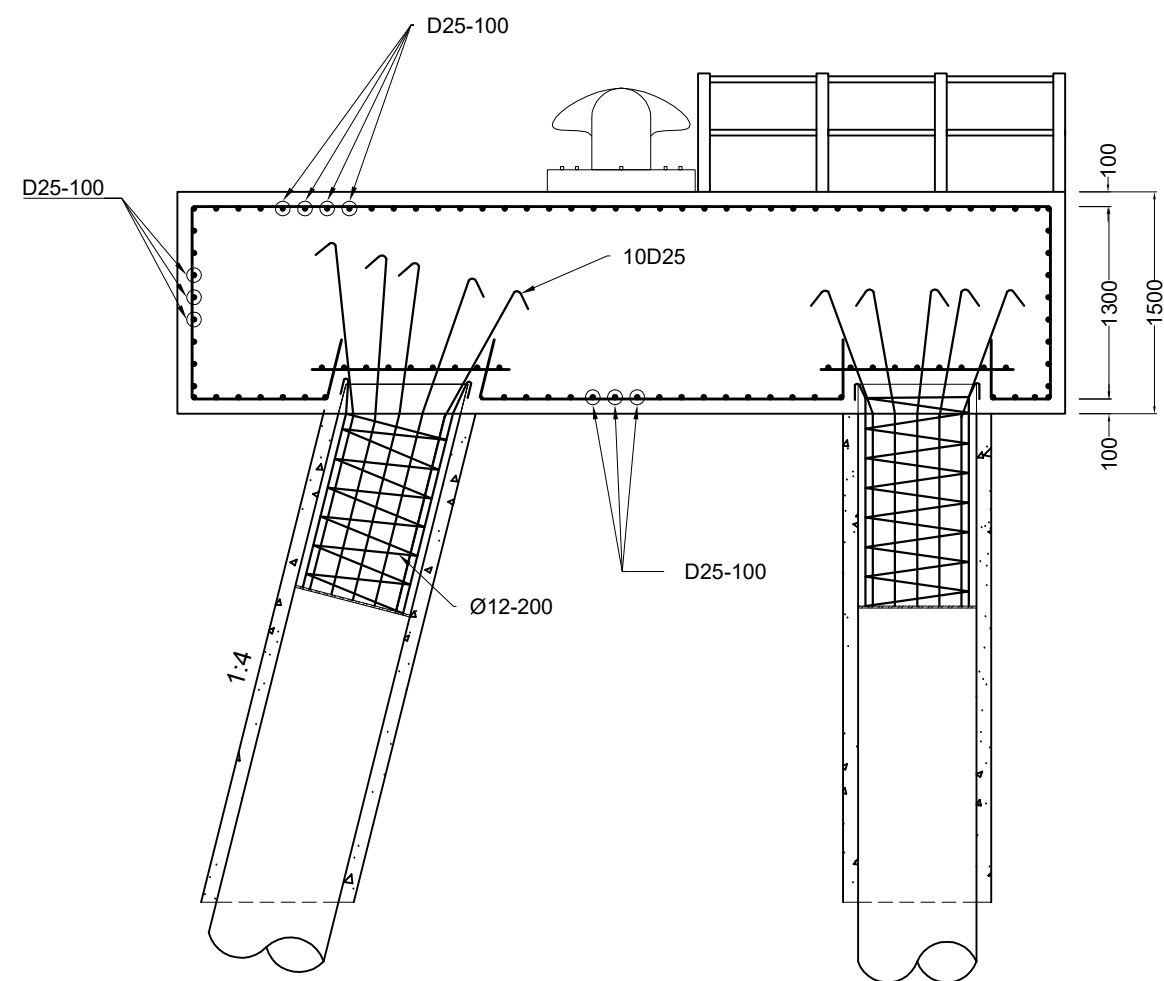
Layout mooring dolphine
skala 1 : 200



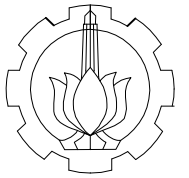
Denah tulangan mooring dolphine
skala 1 : 200



potongan B-B'
skala 1 : 50



potongan A-A'
skala 1 : 50



Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tugas Akhir Terapan

Judul :

Modifikasi Desain Struktur
Dermaga Curah Cair dengan
Kapasitas 10.000 DWT di
Kecamatan Sangatta, Kabupaten
Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dikerjakan oleh

Adilat Ahmad Firdausyi
NRP. 3114030020

Ali Haidir
NRP. 3114030044

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 196001051986031003

Keterangan dan catatan khusus

Nama Gambar

Penulangan Mooring dolphine dan
tulangan penyaluran tiang pancang

skala untuk plotting ukuran kertas A3

Nomor halaman

59

Jumlah gambar

59